

大规模采沙对弯道滩险的影响

刘晓帆, 胡 阳

(四川省交通运输厅交通勘察设计研究院, 四川 成都 610017)

摘要:以岷江朱石滩为例, 分析大规模采沙对弯道滩险河床演变和航道条件的影响。采沙前, 朱石滩河段河床基本冲淤平衡; 采沙后, 河床冲淤平衡被破坏, 河床严重下切, 汛期河床回淤剧烈。大规模采沙对弯道滩险航道条件的影响主要表现为破坏航道边界、降低河段水位、增加上游水面比降; 原来稳定的弯槽由于水深不足而被舍弃, 航道改走不稳定的直槽, 给航道维护带来困难; 河床地形凌乱, 航槽局部存在较大横流, 给船舶航行带来安全隐患。

关键词:采沙; 弯道滩险; 河床演变

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)09-0123-06

Impacts of large-scale sand dredging on rapids at curved channel

LIU Xiao-fan, HU Yang

(Sichuan Communications Surveying & Design Institute, Chengdu 610017, China)

Abstract: Taking Zhushi rapids in the Minjiang river for example, we analyze the impacts of large-scale sand dredging on the riverbed evolution and channel conditions of rapids at the curved channel. The riverbed erosion of Zhushi rapids maintained a balance before the sand dredging. The riverbed erosion balance was destroyed and the riverbed dropped severely after the sand dredging. The severe siltation happened from the upstream to the downstream in the flood season. The impacts of large-scale sand dredging on the channel conditions are destroying channel boundary, reducing river water level, increasing upstream water surface slope, etc. The original stable curved channel was abandoned due to the lack of water depth. Waterway changed to go unstable straight channel, which created difficulties for the channel maintenance. Sand dredging also resulted in disordering of riverbed topography and big cross-flow in waterway, which is dangerous for the ships sailing.

Keywords: sand dredging; rapids at curved channel; riverbed evolution

近 20 多年来, 随着我国经济的快速发展, 建筑用沙的市场需求量急剧增加, 全国大部分河流均出现大量采挖河道泥沙的现象。大量的河道采沙引发了河床下切、水位降低、水流紊乱、航道条件恶化、河堤与桥梁基础暴露等一系列问题^[1-3]。

笔者以岷江朱石滩为例, 分析研究大规模采沙对弯道滩险河床演变及航道条件的影响。岷江朱石滩距上游五通桥水文站 38 km, 距宜宾市(河口) 105 km。目前该段航道按 IV 级航道标准维护, 设计最低通航水位综合历时保证率 95% 时, 航道

尺度为 1.5 m × 45 m × 500 m, 可常年通行 500 吨级的船舶。朱石滩原为岷江乐山至宜宾段著名的礁石险滩, 水急、槽窄、浪大。1963 年、1986 年、1994 年曾先后 3 次对朱石滩进行整治, 整治措施主要是在右岸(凹岸)修筑一根的长顺坝, 用于防止岸线崩溃, 增加弯曲半径, 归顺水流; 对航槽进行炸礁, 清除碍航礁石。经过上述 3 次大规模整治后, 朱石滩段航道条件得到明显改善。至 2010 年前, 该滩航道尺度均能满足 IV 级航道要求。2010—2013 年, 朱石滩左边滩进行了大规模的采

收稿日期: 2014-12-29

作者简介: 刘晓帆(1982—), 女, 博士, 高级工程师, 从事港口与航道工程设计及规划研究工作。

沙挖石,使得左岸边滩基本消失,过水断面面积增大,水位降低,右汊航槽进口段水深不足,形成碍航段。2013 年为了解决通航问题,对左岸边滩进出口进行疏浚,打开左汊成为新航槽。

1 河道特性

从平面形态上(图1),朱石滩段河势整体弯曲,呈连续的“S”形,河段内从上游至下游的滩险依次为大石母滩、朱石滩、下连三口滩,其弯曲半径分别为550、500和550 m;纵剖面上(图2),河床起伏较大,河床和水面均存在较多折点,水面平均比降0.7‰,研究范围内有3处局部比降较

大的河段(如图2椭圆中所示):第1处是位于深沱上游的大石母滩,水面比降为1.2‰~1.4‰;第2处位于朱石滩,水面比降为1.5‰~1.6‰;第3处位于下连三口滩,水面比降为1.0‰~1.6‰。图2是根据2014年2月实测江道图和推求的设计最低通航水位绘制的,其中河床纵剖面线是沿着设计航槽(朱石滩为右汊)的河底高程,设计水面线为沿程水尺综合历时保证率95%的设计最低通航水位。

研究河段由3个反弯段组成,平面上构成了一个“几”字型,大石母滩、朱石滩和下连三口滩分别位于3个弯道处,各弯道凸岸边滩均分布有采沙场。

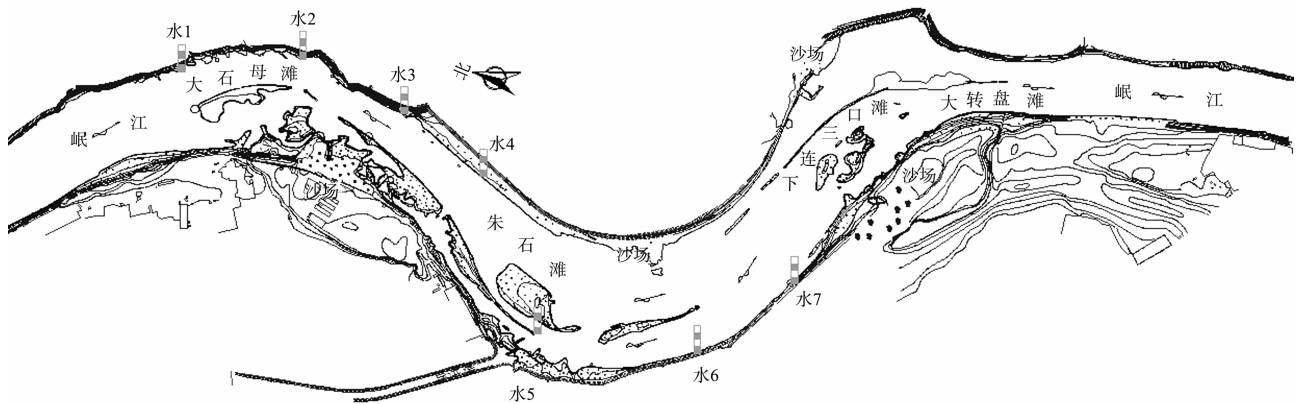


图1 朱石滩段河势

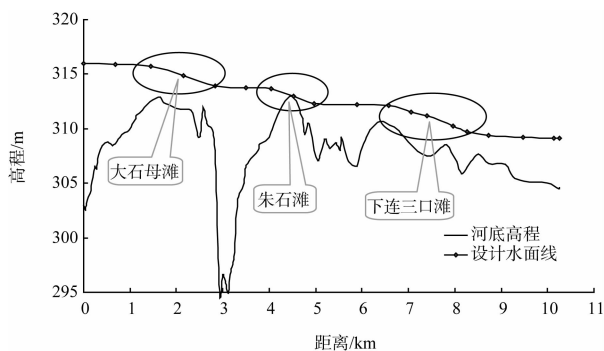


图2 河床纵剖面线(沿设计航槽)及设计水面线

朱石滩位于大石母滩下游反弯段,左岸大边滩未破坏前,左岸为沙卵石边滩,滩中有江心洲,右岸是沙土台地,台地上种有庄稼。江心洲将水流分为左右两汊,右汊为主汊,20世纪60年代在右岸(凹岸)修建了一条长约1 km的顺坝,20世纪80年代为了遏制左汊的发展,在左支汊首

部修建一座229 m的堵坝。枯水期水流集中右汊,河面狭窄,最小宽度仅80 m左右,最大流速达4.5 m/s,最大比降4.0‰,平均流速3.0 m/s,平均纵比降2.25‰,属于礁石险滩^[4]。近3年朱石滩左岸边滩采沙活动剧烈,使得左岸沙卵石边滩荡然无存,边滩中部高程下切超10 m,大部分水流走向左汊,右汊航槽由于水位降低滩头进口处出现水深不足,最小水深仅有0.5 m。由于挖沙采石不规范,左岸河道地形凌乱,浅梗与深沱交错分布,水深0.1~6.6 m,比降0.9‰,水流漫过浅梗后有明显的横流,水流流态紊乱。

2 河床演变

2.1 大规模采沙前河床演变

朱石滩在1963年未整治之前,中洪水时,水流顶冲右岸(凹岸),逐渐冲刷,岸线崩坍右移,

而左岸(凸岸)逐渐向河心延伸,致使河面缩窄,最窄处仅20 m。

1963年进行了滩险炸礁,在其右岸(凹岸)筑了6根丁坝,右岸边滩相对固定,冲刷减弱,但航行的水流条件并未得到改善,继而又筑了一条约1 km的顺坝,航行条件得到改善。随着河床的演变,该滩在顺坝坝根下游350 m处左岸边滩被水流切割形成一宽40~50 m的分汊(左汊),分走部分水流。

1986年,对顺坝坝头附近的礁石清炸至设计水位以下2.0 m;为了稳定原良好的通航主槽,遏制分汊的发展,在左支汊首部修建一座229 m的堵坝,水流流态得到了较好的改善。直到近期大规模的采沙前,河床冲淤基本平衡,河床变化不大。图3为朱石滩1996年河道地形。

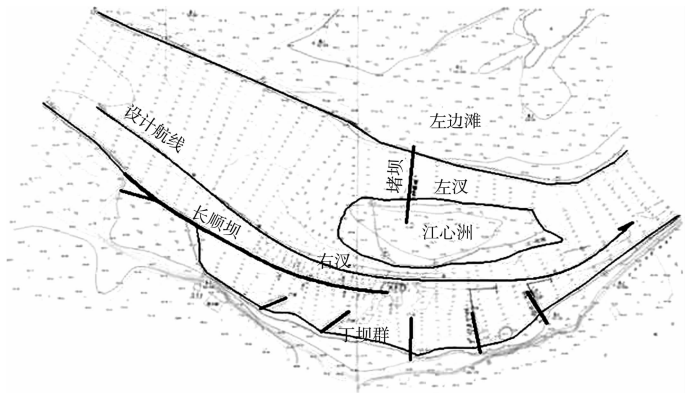


图3 朱石滩1996年河道地形

为深入分析在大规模采沙前朱石滩的河床演变,本研究利用1985年4月,1996年4月和2010年4月3次汛前测图对朱石滩进行了横断面变化分析。图4给出了朱石滩段横断面平面布置。图5给出了典型断面和变化图。

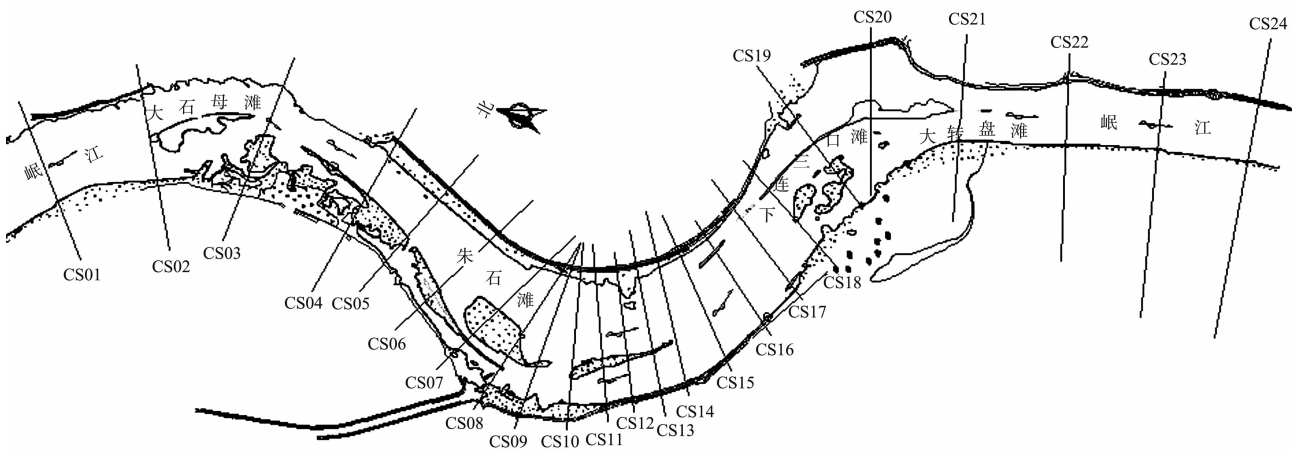
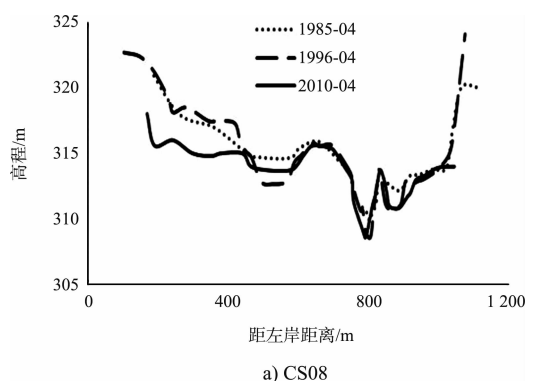
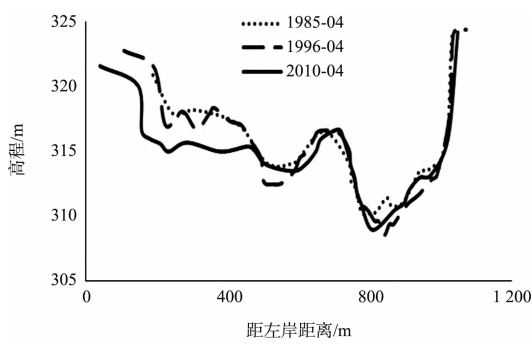


图4 朱石滩段横断面布置

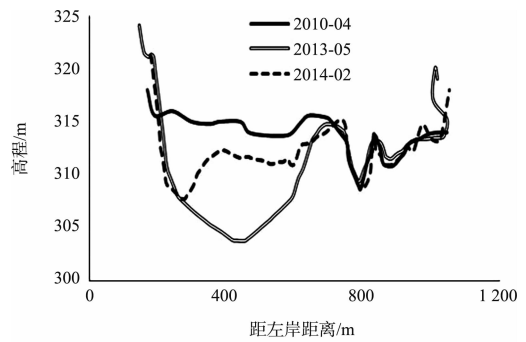
如图5所示,朱石滩弯道上段(CS06~CS11)河床演变并没有呈现出凹冲凸淤的现象。右岸(凹岸)由于河床质为石质并且受到顺坝的保护,河床形态基本不变;1985—1996年,左岸(凸岸)横断面局部有冲有淤,河床形态没有明显的变化趋势,1996—2010年,左岸(凸岸)边滩局部出现明显下切,各断面下切深度在3~5 m。据调查,1996—2010年岷江水沙条件没有显著变化,2010年前朱石滩左岸边滩已经开始采沙,导致2010年左岸边滩普遍降低3~5 m。



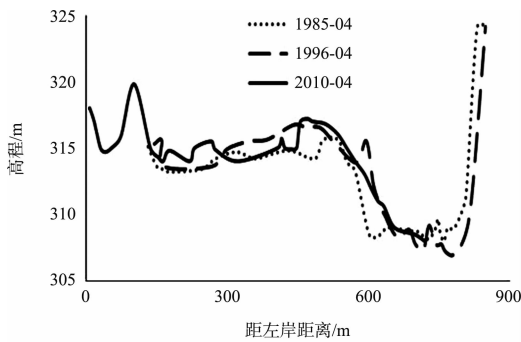
a) CS08



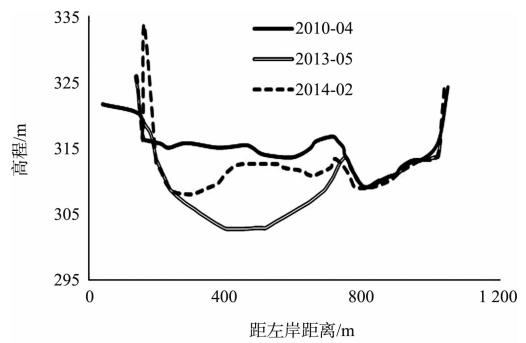
b) CS09



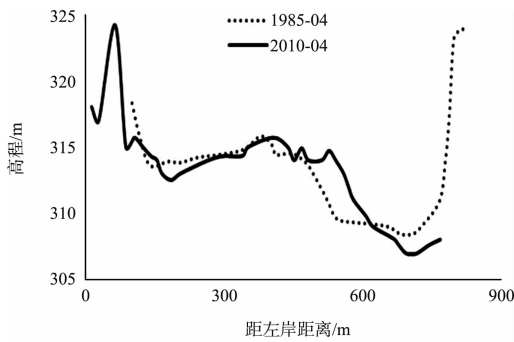
a) CS08



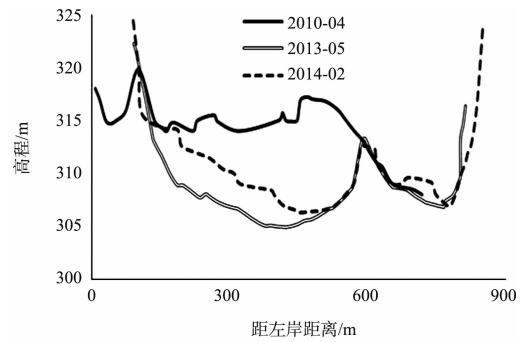
c) CS12



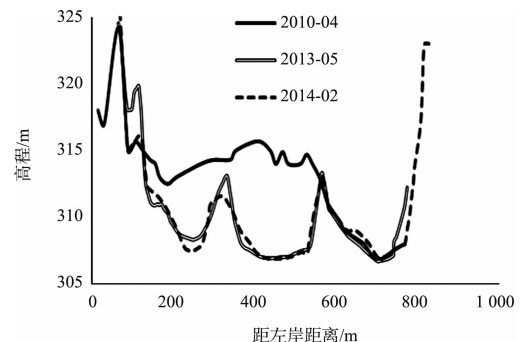
b) CS09



d) CS13



c) CS12



d) CS13

图5 大规模采沙前朱石滩典型横断面变化

朱石滩下弯段 (CS12 ~ CS16) 河床演变与上弯段不同, 呈现出凹冲凸淤的现象。水流受重力和离心惯性力的双重作用, 使弯道水流流速、含沙量的分布在横断面分布不均, 造成凹岸河床形成冲刷崩退, 凸岸河床淤积, 最大淤积厚度 3.2 m (CS13)。

2.2 大规模采沙后河床演变

2.2.1 横断面

利用 2010 年 4 月、2013 年 5 月和 2014 年 2 月 3 次汛前测图对朱石滩进行了横断面、平面变化分析。图 6 给出了大规模采沙后朱石滩典型横断面变化情况。

图6 大规模采沙后朱石滩典型横断面变化

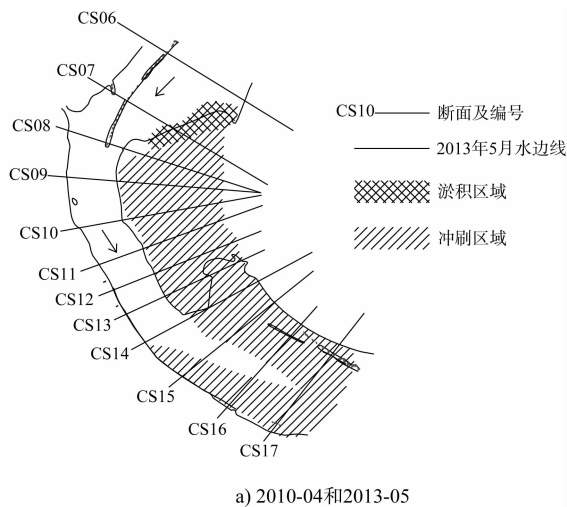
如前所述, 2010—2013 年期间, 朱石滩左岸边滩进行大规模的采沙挖石, 河床左岸边滩 (CS06 ~ CS16) 在 2013 年 5 月出现严重下切, 最大下切深度 12.8 m, 下切河床宽度 200 ~ 560 m, 长

度约 1 500 m。由于受到弯道水流作用, 左岸边滩 (CS08 ~ CS12) 在 2013 年汛期出现较深的回淤, 最大回淤高度 9.8 m (CS08)。右岸河床由于受到顺坝的保护且河床质为石质, 基本上呈现冲淤平衡。

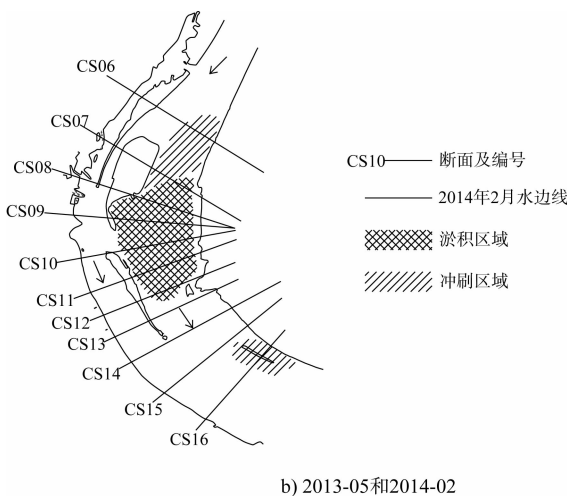
2.2.2 平面

为进一步分析朱石滩河床演变的平面分布情况, 将 2010 年 4 月、2013 年 5 月和 2014 年 2 月 3 a 的实测江道图进行平面分析对比。

首先将 2010 年 4 月和 2013 年 5 月的测图进行对比, 分析采沙前后河床的变化情况 (图 7a))。从图 7 中可以看出, 朱石滩左岸河床大部分区域因为人为采沙严重下切。CS07 断面附近左岸的淤积是由于采沙堆积围堰造成。CS06 ~ CS14 断面的右岸由于受到顺坝和防洪堤的保护, 并未发生变化。下游弯道处的 CS15 ~ CS17 断面, 由于受弯道水流的作用, 右岸河床产生大范围的冲刷。



a) 2010-04和2013-05



b) 2013-05和2014-02

图 7 河床演变平面变化

然后将 2013 年 5 月和 2014 年 2 月的测图进行对比, 分析停止采沙后河床的演变情况 (图 7b))。从 (图 7b)) 可见, CS07 断面处采沙堆积的围堰已被挖除形成冲刷区域, CS08 ~ CS12 断面处则出现大范围的回淤, 最大回淤高度 9.8 m, 由于测图相隔的时间较短, 只经历了一次汛期, 回淤范围还未扩及 CS13 ~ CS16 断面。

3 采沙对弯道滩险航道条件的影响

沿朱石滩设计航槽所在的主导河岸布置 7 把水尺, 水尺位置见图 1。朱石滩距五通桥水文站 38 km, 区间无较大支流汇入, 选择五通桥水文站作为控制站推求设计水位和流量。据五通桥水文站 1980—2010 年流量资料分析计算得综合历时保证率为 95% 的流量为 594 m³/s, 相应的水位为 335.09 m (吴淞高程)^[5-6]。通过建立五通桥水文站与河段各水尺的水位相关线推求设计最低通航水位^[7]。2010 年、2014 年各水尺设计水位比较如图 8、表 1 所示。大规模采沙导致朱石滩左岸边滩消失, 河床下切, 河面加宽, 从而引起河段设计水位降低。朱石滩及其上下游设计水位降低幅度在 0.24 ~ 1.03 m。由于受到下游地形的控制, 朱石滩下游水位降低幅度较小 (水尺 6、7), 大幅的水位降落出现在朱石滩及其上游河段 (水尺 2 ~ 5)。如图 3 所示, 左边滩破坏前, 朱石滩的航槽在右汊。根据上述河床演变分析可知, 朱石滩右岸河床由于是石质河床且受到顺坝的保护, 基本未发生变化。在水位降低约 1 m 的情况下, 朱石滩右汊航槽内出现水深不足, 最小水深仅为 0.5 m, 目前航道改走左汊。

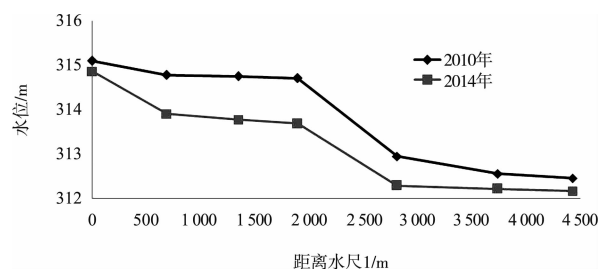


图 8 朱石滩设计水位变化

表1 朱石滩河段设计水位变化 m

水尺	距水尺1	设计水位		
		2010年	2014年	变化
水1	0	315.10	314.86	-0.24
水2	684	314.78	313.90	-0.88
水3	1346	314.75	313.77	-0.98
水4	1893	314.71	313.68	-1.03
水5	2807	312.94	312.28	-0.66
水6	3737	312.55	312.21	-0.34
水7	4426	312.45	312.16	-0.29

水位降落的同时河段局部比降也产生变化,比降变化情况如表2所示。朱石滩左岸边滩消失、河床下切以后,水位随之降低,朱石滩的大比降得到缓解,比降(水4~水5)由1.94‰减小为1.53‰。但朱石滩水位降低却使上游大石母滩的比降大幅增加,大石母滩的比降(水1~水2)由0.47‰增加为1.40‰。滩段内流速变化与比降基本一致,左岸边滩消失后,朱石滩段平均流速由3.0 m/s减小为1.4 m/s(2014年2月实测),最大流速由4.5 m/s减小为2.7 m/s(2014年2月实测)。

表2 朱石滩河段比降变化

水尺	间距/m	比降/‰		
		2010年	2014年	变化
水1~水2	684	0.47	1.40	0.93
水2~水3	661	0.05	0.20	0.15
水3~水4	547	0.07	0.16	0.09
水4~水5	914	1.94	1.53	-0.41
水5~水6	930	0.42	0.08	-0.34
水6~水7	688	0.15	0.07	-0.08

4 结语

岷江朱石滩为典型的山区性弯道滩险,本文以岷江朱石滩为例深入分析大规模采沙对弯道滩险河床演变和航道条件的影响。

在没有航道整治、采沙等人类活动影响时,弯道滩险河床演变主要表现为凹岸冲刷、岸线崩塌,凸岸淤积、边滩发育,航道弯曲狭窄,比降大、流速大,易形成危险滩。在采取护岸、顺坝、切嘴、疏浚等整治措施后,增加弯曲半径、减小

比降和流速,有效解决碍航问题。大规模采沙前,岷江朱石滩河床基本冲淤平衡。大规模采沙后,岷江朱石滩河床严重下切,改变河段流速、比降,破坏泥沙冲淤平衡,河床演变剧烈,汛期按照先上游后下游的顺序剧烈回淤。

大规模无序采沙对如岷江朱石滩弯道滩险航道条件的影响主要表现为破坏航道边界,使原有控制河势的边滩(心滩)或整治建筑物破坏或消失,河床严重下切;降低河段水位,减小航槽内最小水深,增加上游水面比降,在上游容易新生滩险;枯期水流分散,航槽内流速减小,挟沙能力降低,洪期落淤无法在枯期完成冲刷,从而降低航道尺度而碍航;原稳定的弯槽由于水深不足而被舍弃,航道改走不稳定的直槽,给航道维护带来困难;无序采沙留下的深沙坑和浅梗使得河床地形凌乱,导致航槽局部存在较大横流,给船舶航行带来安全隐患。可见,大规模无序采沙对弯道滩险的影响弊大于利,应根据河道地形、滩险分布严格规范采挖范围和深度,遏制乱采乱挖。

参考文献:

- [1] 贾良文,罗章仁,杨清书,等.大量采沙对东江下游及东江三角洲河床地形和潮汐动力的影响[J].地理学报,2006,61(9):985-994.
- [2] 赖永辉,谈广鸣,曹志先.河道采沙对河流河道演变及人类生产活动影响研究述评[J].泥沙研究,2008(6):74-80.
- [3] 齐梅兰,孟国清.河道采沙对大桥基础安全影响研究[J].水动力学研究与进展:A辑,2005,20(6):750-754.
- [4] 四川省交通厅内河勘察规划设计院.岷江大件运输航道续建工程初步设计说明书[R].成都:四川省交通厅内河勘察规划设计院,1996.
- [5] JTS 145-1—2011 内河航运工程水文规范[S].
- [6] GB 50139—2004 内河通航标准[S].
- [7] 李顺超,刘晓帆.金沙江(水富至宜宾)航道整治工程设计最低通航水位的推求[J].水道港口,2010,31(5):483-487.

(本文编辑 郭雪珍)