



长江上游卵石滩群平面形态及碍航特性^{*}

刘 勇¹, 张帅帅¹, 何 乐², 朱俊凤¹, 张 毅¹

(1. 长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147; 2. 长江航道局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 川江以滩多、流急、水乱而闻名于世, 部分滩险之间距离较近, 滩险之间相互制约, 整治存在相互联动效应, 形成滩群, 其中卵石滩群碍航特性最为复杂, 整治难度非常大。通过对长江上游 8 个卵石滩群平面形态及以斗笠子—东溪口、神背嘴—叉鱼碛卵石滩群为代表的滩段之间关联特性的分析得到以下认识: 卵石滩群一般位于连续弯道(急弯), 深槽连接段短、宽度变化大的“藕节状”分汊型河段; 下游滩险整治易引起上滩险水位降低, 比降增加, 恶化上滩险的航道条件; 上游滩险整治易改变来水来沙条件, 影响下游滩险河床演变。对卵石滩群的整治应整体规划、设计, 一次建成。

关键词: 卵石滩群; 碍航特征; 平面形态

中图分类号: U 611 文献标志号: A 文章编号: 1002-4972(2016)01-0125-05

Channel planform and navigation-obstructing characteristics of gravel beach group in upper reaches of the Yangtze River

LIU Yong¹, ZHANG Shuai-shuai¹, HE Le², ZHU Jun-feng¹, ZHANG Yi¹

(1. Changjiang Chongqing Harbor and Waterway Engineering Investigation and Design Institute, Chongqing 401147, China;
2. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

Abstract: The Chuanjiang river is well known for many waterways, rapids and hazardous regions. There are many types of pebble beaches in this reach, the formation mechanism of which are complex. The beaches are restricted by each other and waterway regulation is difficult. Based on the analysis of the channel planform of the eight gravel beach groups in the upper Yangtze River and linkage characteristics represented by Doulizhi-Dongxikou and Shenbeizui-Chayueqi gravel beach groups. The gravel beach groups generally locate in the continuous sharp curve and the branched reach with short connection at the deep groove and great change of width. Regulation of the downstream rapids leads to reduction of water stage and increase of gradient of the upper rapids, and thus worsen the channel condition of the upper rapids. The regulation of the upper rapids changes the water and sediment conditions and influence the bed evolution of the downstream rapids. The regulation to the gravel beach group shall be planned and designed integrately and implemented all in one time.

Keywords: gravel beach group; navigation-obstructing characteristics; channel planform

长江上游河段俗称川江, 上起宜宾, 下至宜昌, 全长 1 045 km, 是沟通西南三省一市与长江中下游及沿海各省市的重要黄金水道, 是典型的山区河流。川江以滩多、流急、水乱而闻名于世, 共有 210 个滩险, 素有“天险”之称^[1]。三峡蓄

水后, 重庆以下河段受三峡水库回水影响明显, 航道条件大幅改善^[2], 而长江宜宾至重庆段仍有 49 个卵石滩险, 部分滩险之间距离较近, 滩险之间相互制约, 存在相互联动效应, 形成卵石滩群。卵石滩群航道整治应以卵石滩群为单元, 进行综

收稿日期: 2015-10-30

^{*}基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2012BAB05B02)

作者简介: 刘勇 (1984—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口、海岸及近海工程设计与研究工作。

合整治，而目前航道整治技术多针对单滩进行^[1,3-6]。因此有必要对卵石滩群的平面形态、碍航特征进行研究分析，为以后卵石滩群整治技术的提出奠定基础。

1 卵石滩群河段平面形态

长江宜宾至重庆河段共有龙船碛—油榨碛、落锅滩—香炉滩、风簸碛—红灯碛、神背嘴—叉鱼碛、斗笠子—东溪口、温中坝—哑巴碛、水师坝—三眼灶、甑柄碛—鲤鱼碛和甑柄碛—鲤鱼碛 8 个卵石滩群。滩群河段的平面形态有以下特征。

1) 滩群河段多有连续分汊。

表 1 统计了长江上游 8 个滩群河段的河型，所统计的滩群基本为分汊与分汊相连。龙船碛—油榨碛滩群和甑柄碛—鲤鱼碛滩群河道急弯，急弯上游有一滩险，急弯下游河道放宽，形成分汊，中间连接段较短；落锅滩—香炉滩滩群、风簸碛—红灯碛滩群、斗笠子—东溪口滩群上下游滩险均为分汊型，滩段连接段之间为急弯；神背嘴—叉鱼碛滩群、温中坝—哑吧碛滩群上下游滩险为分汊型，中间连接段较短。由于上下游滩险为分汊型，整治后改变了各个汊道的分流比及来水来沙条件，对上下游滩险航道条件将有所影响。

表 1 叙渝河段典型滩群河型				
滩群	滩险	上滩段	连接段	下滩段
龙船碛—油榨碛滩群	龙船碛、铜鼓滩、油榨碛	急弯	急弯	分汊
落锅滩—香炉滩滩群	落锅滩、香炉滩	分汊	急弯	分汊
风簸碛—红灯碛滩群	风簸碛、红灯碛	分汊	急弯	分汊
神背嘴—叉鱼碛滩群	神背嘴、叉鱼碛	分汊	顺直	分汊
斗笠子—东溪口滩群	斗笠子、东溪口	分汊	急弯	分汊
温中坝—哑巴碛滩群	温中坝、哑巴碛	分汊	顺直	分汊
水师坝—三眼灶滩群	水师坝、魏家碛、三眼灶	分汊	分汊	分汊
甑柄碛—鲤鱼碛滩群	甑柄碛、鲤鱼碛	急弯	急弯	分汊

2) 滩群河段宽窄相间，放宽率大。

长江上游河段卵石滩群的总体河势条件为弯曲，滩群河道突宽、突窄，卡口、窄槽、汉浩较多，同一个河段内扩宽与收缩并存，常呈“藕节状”、“大肚子”等特征。风簸碛—红灯碛卵石滩群进口河道宽度为 350 m，上滩段风簸碛河宽为 750 m，放宽率为 2.14；连接段河宽为 600 m；下滩段红灯碛河宽为 760 m；出口河宽为 600 m，是典型的“藕节状”河道（图 1）。8 个滩群上滩段的放宽率为 1.53 ~ 2.57，下滩段的缩窄率为 1.12 ~ 2.21（表 2）。可见，滩群河道的放宽率及缩窄率较大。

表 2 叙渝河段典型滩群平面形态参数

滩群名称	弯道类型	长度/m	进口段		上滩段		连接段			下滩段		出口段	
			弯道中心角/(°)	宽度/m	宽度/m	放宽率	宽度/m	深槽长度/m	弯道中心角/(°)	宽度/m	缩窄率	弯道半径/m	宽度/m
龙船碛—油榨碛滩群	反 S	7 000	83	550	1 010	1.84	650	1 200		1 360	2.09	650	1 020
落锅滩—香炉滩滩群	U	6 000	120	700	1 700	2.42	1 000			1 100	1.62	>1 000	680
风簸碛—红灯碛滩群	反 S	7 000	35	350	750	2.14	600	1 300	115	760	1.27	900	600
神背嘴—叉鱼碛滩群	U	10 000	146	820	2 108	2.57	1 356	2 130		1 064	1.44	>1 000	740
斗笠子—东溪口滩群	反 S	9 000	110	730	1 120	1.53	1 240	1 080	64	1 570	2.21	700	710
温中坝—哑巴碛滩群	U	8 000	66	610	1 400	2.30	855	1 176		809	1.12	900	720
水师坝—三眼灶滩群	U	7 000	160	620	1 360	2.19	630	600		820	2.05	900	400
甑柄碛—鲤鱼碛滩群	反 S	4 000	66	580	1 370	2.36	1 350	530	108	1 300	2.06	>1 000	630

为分析斗笠子—东溪口卵石滩群相互的关联特性，建立了二维数学模型进行研究，以探索东溪口滩整治对斗笠子滩航道条件的影响。东溪口滩的开挖方案为：1) 方案 1：开挖左汊，开挖尺度为 2.7 m×50 m；2) 方案 2：开挖左汊，开挖尺度为 3.0 m×50 m；3) 方案 3：开挖左汊，开挖尺度为 3.2 m×60 m；4) 方案 4：开挖左汊，开挖尺度为 3.5 m×60 m。东溪口滩开挖后，引起了斗笠子滩的滩口水位降低，流速增加，比降增大，船舶上滩更为困难（图 4）。可见，该滩群中东溪口滩与斗笠子滩之间关联性较强，且东溪口滩航道开挖将恶化斗笠子滩的航道条件，斗笠子滩陡流急的特性将更加明显，在下一步整治中应以滩群为单位治理。

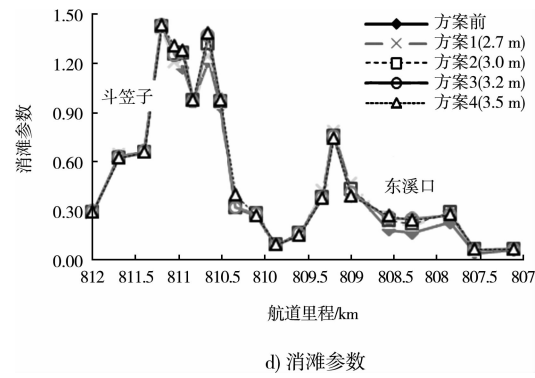
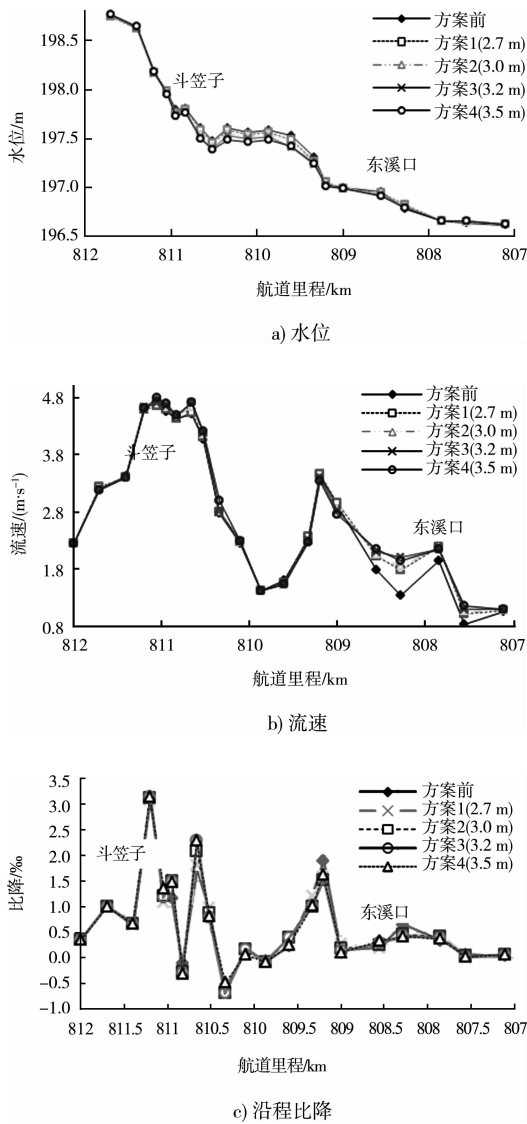


图 4 东溪口滩不同开挖方案对滩群河段航道条件影响

2) 神背嘴—叉鱼碛卵石滩群。

神背嘴—叉鱼碛卵石滩群上起上溪口（上游航道里程 877 km），下止临江厂（上游航道里程 867 km），长 10 km，进口段弯道夹角为 146°，主要有叉鱼碛和神背嘴滩险。

叉鱼碛位于长江上游航道里程 868.5 km，系汊道出口处的过渡段浅滩。该滩从 20 世纪 60 年代开始整治，先后筑有强盗坝尾顺坝、外坝尾顺坝、大桥口勾头丁坝。筑坝后浅区上口水深增加，丁坝完工后 3 m 等深线贯通，航宽达到 80 m，水深增加，流向顺直，流态平稳^[8]（图 5）。

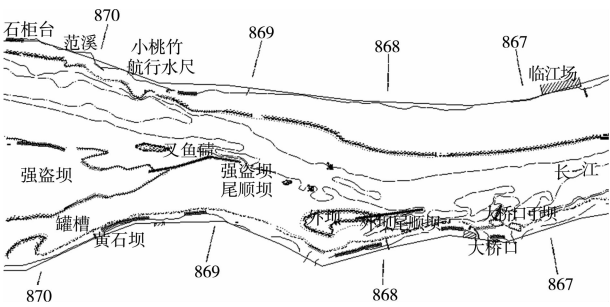


图 5 叉鱼碛整治效果

神背嘴滩位于长江上游航道里程 873.0 km，叉鱼碛滩上游 4.5 km，曾是川江兰叙段著名的弯、浅、险滩。该滩在泸渝段航道工程前，主航道位于北汊，但由于北汊航道弯曲半径小，在泸渝段航道工程中调整至南汊，并在罐口筑锁坝、称杆碛首筑碛头坝、北槽筑潜坝 3 座、秤杆碛筑顺坝并在左侧增建短丁坝 3 条、在青蛙石筑丁坝 1 条、小罐口筑顺坝 1 条^[9]（图 6）。

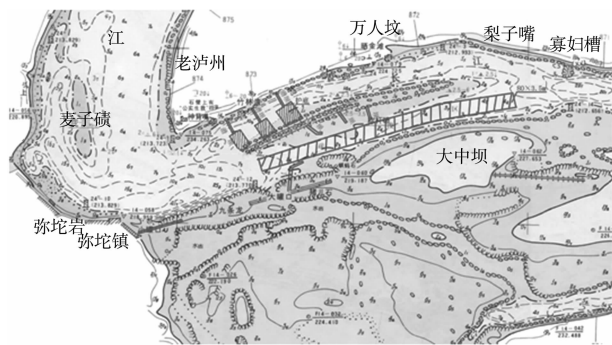


图6 神背嘴整治方案(泸渝段航道工程)

神背嘴滩整治后,改变了神背嘴左右汉的分流比,下游叉鱼碛滩3 m等深线逐渐缩窄,其中2013年出现了3 m等深线断开的现象(图7)。枯水期疏浚了13.48万 m^3 才得以保障航道畅通。可见,神背嘴滩航道整治对下游叉鱼碛滩整治效果有所影响。

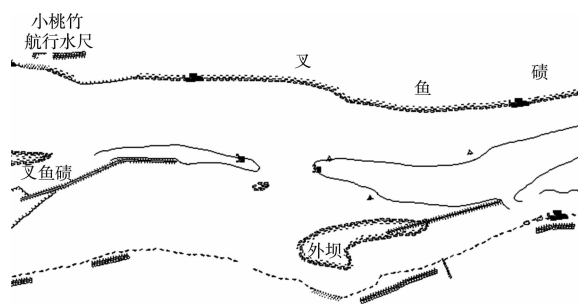


图7 叉鱼碛3 m等深线

通过以上2个典型实例的分析可知:滩群中下游滩险整治将导致上游滩险水位降低,比降增加,恶化船舶上滩条件,以碍航特性“下浅上险”为甚;滩群中上游滩险整治将变化下游滩险的来水来沙条件,影响下游滩险的河床演变特性,导致下游滩险航道尺度不足,以分汊河段为甚。

3 结语

长江上游河段卵石滩群较多,一般位于连续弯道(急弯),深槽连接段短、宽度变化大的“藕

节状”分汊型河段。卵石滩群碍航特征复杂,往往皆具浅、急、险多种碍航特征,整治难度大。整治卵石滩群时,当整治某一卵石险滩后,其影响将传递到相邻的卵石险滩,恶化该滩险航道条件。

在长江叙渝段新一轮治理中,航道建设尺度进一步加大,建设水深由目前的维护水深2.7 m提升至3.5 m;建设宽度由目前的维护宽度50 m提升至60 m;弯曲半径由目前的560 m提升至800 m。滩段与滩段的相互关联性将增强,因此整治时统一规划设计建设,一次建成,避免分滩整治造成一滩治好了,另一滩又变坏了。对于卵石滩群河段,需进行长河段系统整治。

参考文献:

- [1] 长江航道局. 川江航道整治[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998: 5-75.
- [2] 长江航道局, 长江航道规划设计研究院, 长江重庆航运工程勘察设计院. 三峡工程航道泥沙原型观测分析报告[R]. 武汉: 长江航道局, 2004.
- [3] 长江航道局. 航道手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 200-276.
- [4] 杨胜发, 高凯春. 山区河流水沙运动规律及航道整治技术研究[M]. 成都: 科学出版社, 2015: 56-102.
- [5] JTJ 312—2003 航道整治工程技术规范[S].
- [6] 王士毅, 甘鉴登, 周冠伦, 等. 长江上游航道的整治[J]. 水利学报, 1980(4): 12-25.
- [7] 刘勇. 长江上游斗笠子滩航道整治工程试验研究[J]. 水运工程, 2012(10): 47-51.
- [8] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江兰叙段航道整治工程效果分析报告[D]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2001: 36-48.
- [9] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江泸渝段航道整治工程初步设计报告[D]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2005: 12-27.

(本文编辑 郭雪珍)