



黄河什川吊桥滩河段航道整治方案研究

张琰琰, 王平义, 喻涛

(重庆交通大学 水利水运教育部重点实验室, 重庆 400074)

摘要: 什川吊桥滩是黄河大峡库区内主要碍航滩险之一, 严重影响通过该河段船舶的安全航行。在明确其碍航特性的基础上, 结合河工模型试验研究, 对比分析不同方案整治前后河段的通航水流条件, 确定采取浅区挖槽和深沱筑潜坝相结合的措施进行整治。工程实施后航道条件得到明显改善, 整治效果良好, 可为类似滩险的整治提供参考。

关键词: 黄河; 什川吊桥滩; 模型试验; 航道整治

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)03-0125-05

Experimental study on channel regulation of Shichuan Diaoqiao shoal in the Yellow River

ZHANG Yan-yan, WANG Ping-yi, YU Tao

(School of River & Ocean Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Shichuan Diaoqiao shoal is one of the main navigation-hampering shoals in the Daxia reservoir region in the Yellow River, which badly affects the ships' safe sailing across this river section. Based on the analysis of the nature of navigation obstruction, and combining with the river model test research, we analyze the flow condition for navigation after regulation, compare a variety of regulation schemes, and determine to adopt the measure of dredge-cutting and building submerged dam. The navigation condition is improved remarkably after implementation of the project and the regulation effect is satisfactory. It may serve as reference for the regulation of similar shoals.

Key words: the Yellow River; Shichuan Diaoqiao shoal; model test; channel regulation

1 河道概况及滩险分析

什川吊桥滩河段, 位于甘肃省境内黄河大峡库区, 上距小峡电站约2.0 km。小峡、大峡电站均为径流式电站, 按流量大小进行调节。大峡水库全长28.7 km, 坝址位于大峡峡谷出口处, 库区按地形特点分为两段: 从大峡坝址到峡谷进口为峡谷段, 长约21 km, 水面平均宽度约140 m, 宽窄不均, 最窄处仅为35 m, 水库蓄水后, 水位平稳, 比降为0.025‰, 平均水深在20 m以上; 从峡谷进口到小峡坝址为什川地段, 该段长约8 km, 库面平均宽约220 m, 水库回水与上游小峡电站尾水衔接。水库常年回水在峡谷进口以上2 km附近, 变动回水段长约6 km, 受小峡和大峡电站的

双重影响, 水位涨落无明显规律。

什川吊桥滩河段属于典型的山区弯曲型河道, 吊桥滩段受弯道环流作用, 左岸被冲刷成深槽, 出现了明显的泡漩水、滑梁水且横向流速较大, 水流结构复杂; 右岸淤积形成浅滩(cs23~cs34), 洪水期弯道的阻水作用使滩段流速和比降减小, 水流的挟沙和输沙能力降低, 加重了滩段的泥沙淤积, 导致枯水期航道水深严重不足1.3m, 影响该河段船舶的航行安全(图1)。什川码头及船舶修理厂拟布设在该河段下游凸岸处(cs41~cs51), 该处河面变宽, 流速减小, 水流挟带的泥沙易在此淤落形成淤积区, 因此码头港池水深、河床稳定及船舶进出港安全成为该码头设计的关键^[1]。

收稿日期: 2013-06-20

作者简介: 张琰琰(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向是港口及航道工程。

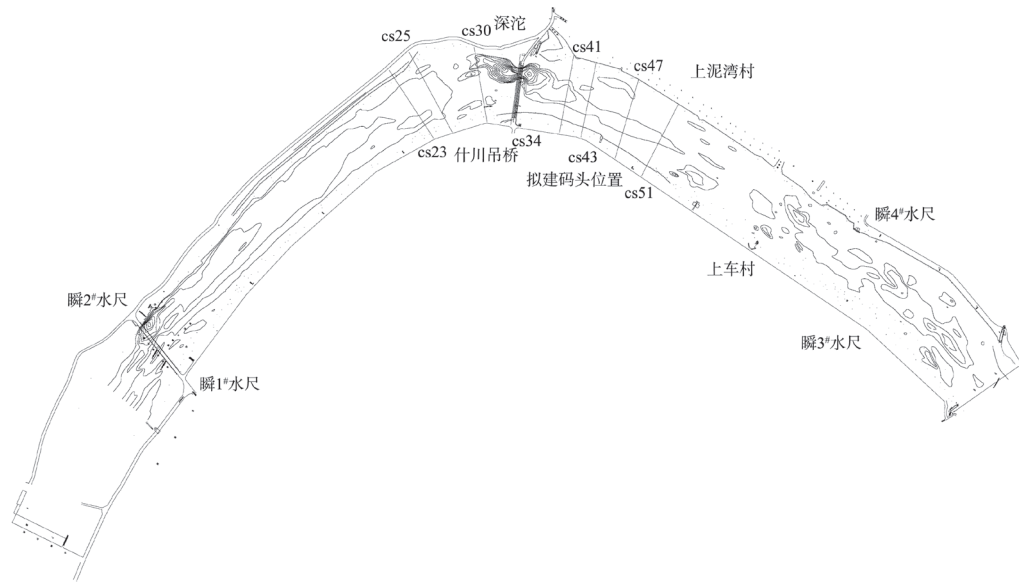


图1 什川吊桥滩河段河势

河段上游兰州水文站多年平均流量为1 030 m³/s, 折合年径流量325亿m³。大峡库区实测多年平均悬移质沙量为0.68亿t, 多年平均悬移质含沙量为2.1 kg/m³, 多年平均推移质沙量为15万m³。该河段选择什川吊桥江心滩试坑(1 m×1 m×0.5 m), 对泥沙颗粒进行现场取样、筛分, 河床质颗粒中值粒径为42 mm, 平均粒径为55.1 mm。

2 整治原则及整治标准的确定

2.1 整治原则与整治参数

什川吊桥滩河段整治工程在统筹兼顾、综合利用的前提下, 特制定如下的整治原则: 贯彻一水多用综合治理的原则, 既要治理好航道, 又要保证对人民生活用水、灌溉、防洪、环保及公用事业无不利影响; 砂卵石河段的整治, 坚持在充分调查和认识各整治滩险特性的基础上, 按照枯水治理, 因势利导的原则, 采取整治和疏浚相结合的整治手段, 修整河床形态, 调整水流结构, 塑造稳定航槽; 基岩河段, 根据危险滩的成因, 通过炸礁、切嘴和整治建筑物等措施, 调顺流向, 消除或减弱不良流态, 减缓流速, 便利船舶安全航行。

参照黄河流域其他河段航道整治经验, 并通过理论计算结果结合经验数据、优良河段模拟等方法^[2-4], 确定本河段整治线宽度在100~160 m, 整治水位在设计水位上1.0~1.5 m。

2.2 整治标准

整治河段为内河V级航道标准, 其航道尺度为1.3 m×40 m×270 m(航深×航宽×弯曲半径); 设计最高通航水位标准为3 a一遇, 设计最低通航水位标准为多年历时保证率95%。据实际情况该河段吊桥滩区域流速不大于3 m/s, 下游港口处码头前沿流速不大于2.5 m/s, 河段比降不大于3‰。什川吊桥滩段流量与水位如表1所示。

表1 什川吊桥滩河段水位、流量

工况	水位/m	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	说明
1	1 479.72	377	保证率95%
2	1 484.94	3 410	3 a一遇
3	1 480.70	872	整治水位1 m
4	1 481.22	1 115	整治水位1.5 m

3 整治方案研究

鉴于什川吊桥滩河段航道整治问题的复杂性, 采用河工模型试验对该河段的整治措施进行研究, 为该河段航道整治工程的实施提供技术支撑和科学依据。

3.1 模型设计及验证

针对河段概况、水流特性、研究任务及试验场地等条件, 选取河段模型为变态模型^[5-6], 平面比尺1:100, 垂直比尺1:50。各具体的比尺关系为: 流速比尺λ_v=7.071, 流量比尺λ_Q=35 355.34, 糙率比尺λ_n=1.36; 模型范围上自什川公路大桥, 下

至水质监测站以下瞬3#水尺的范围, 全长约2.4 km; 模型按照2007年10月实测河道地形采用断面法制作, 共绘制了73个断面。模型沙选用密度为 $\rho_s'=1.40 \text{ t/m}^3$ 的重庆荣昌精煤, 粒径比尺 $\lambda_D=6.88$, 中值粒径 $d_{50}=7.04 \text{ mm}$ 。模型经对水面线、流速、流向及流态进行验证, 结果表明模型与原型相似性较好, 模型设计合理, 制作精细, 水流相似程度较高^[1]。

3.2 整治方案研究

为判断整治工程的效果, 试验共施放了4级流量, 通过工程前后该河段表面流速分布、水位、比降、局部流态及定床输沙等各项特征值对比, 分析不同工程方案的整治效果及存在的问题, 最终确定推荐方案。

3.2.1 整治方案工程布置

试验先后进行了4个方案的对比研究, 各方案工程布置情况见图2。

1) 方案1 (深沱填槽+浅滩挖槽)。

在吊桥滩左岸深沱处进行填槽, 填槽区域底部高程为该河段设计水位以下3 m (1 476.72 m), 以改善泡漩水、滑梁水等不良流态, 减少挑向右岸的横流; 右岸浅滩采取挖槽措施, 挖槽深度为设计

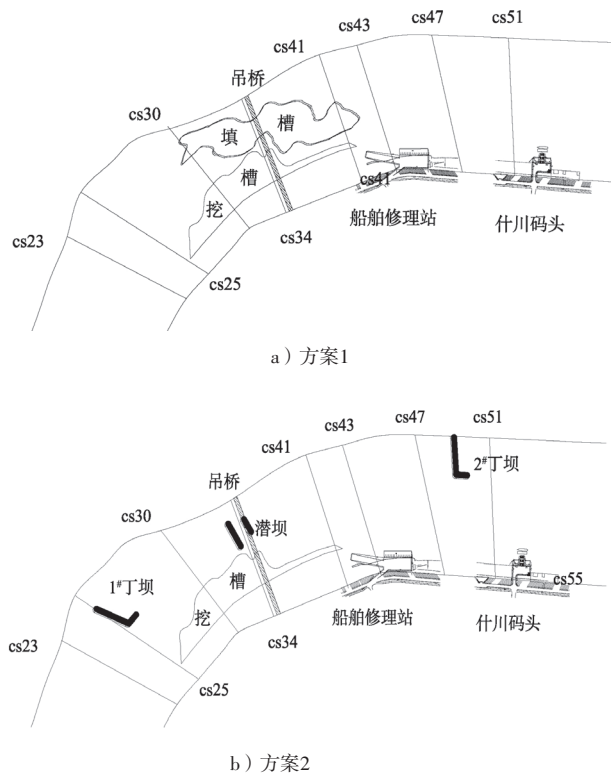


图2 整治方案工程布置

水位下1.3 m, 改变枯水期航道水深严重不足的现状, 增加航深、航宽, 满足设计航槽尺度要求。

2) 方案2 (深沱筑潜坝+丁坝+浅滩挖槽)。

在方案1的基础上, 取消填槽, 改为在深沱中布置两条潜坝, 顶部高程均为该河段设计水位以下4 m (1 475.72 m), 整治效果不变, 同时较大地节约了施工成本; 在挖槽区域及码头上游各布置一条丁坝^[7], 束窄河槽, 增加航深, 提高流速冲刷浅滩, 改善挖槽前沿部分航深不足及码头附近泥沙淤积的情况; 挖槽布置不变。

3) 方案3 (深沱筑潜坝+丁坝+浅滩新挖槽)。

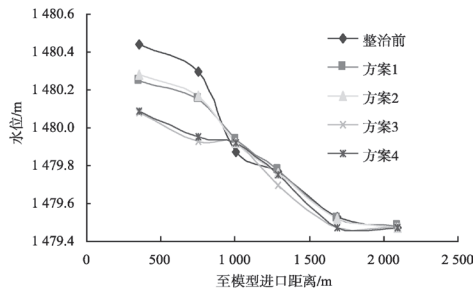
此方案在方案2的基础上扩大了挖槽区域, 提高挖槽下半段流速, 改善槽内淤积状况, 其他布置不变。

4) 方案4 (深沱筑潜坝+浅滩新挖槽)。

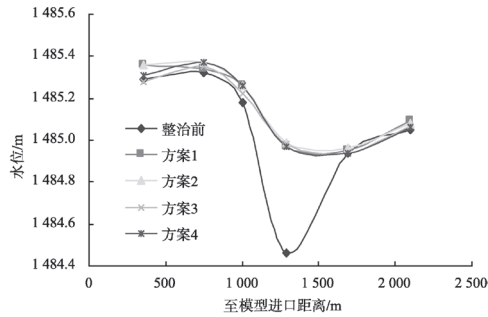
此方案在方案3的基础上取消了丁坝, 消除丁坝挑流作用带来的挖槽区域淤积及该区域与码头前沿流速过大的问题, 其他布置不变。

3.2.2 整治方案研究及比选

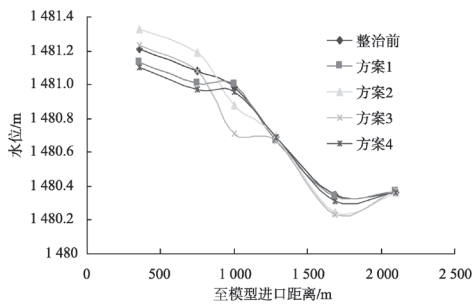
方案实施后, 不同工况下各方案的水面线、河段比降及部分断面流速在整治前后变化对比如图3、图4和表2、表3所示。



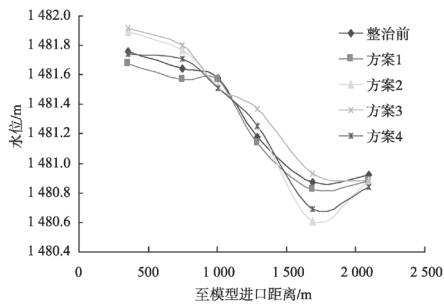
a) 工况1



b) 工况2

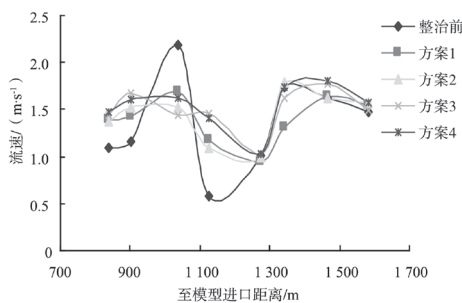


c) 工况3

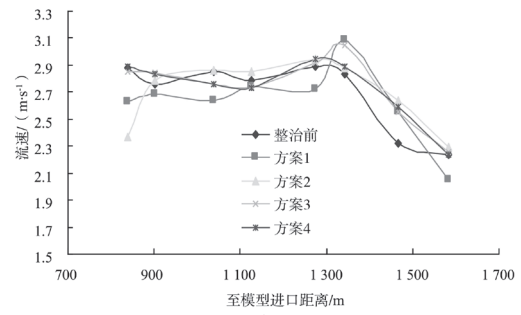


d) 工况4

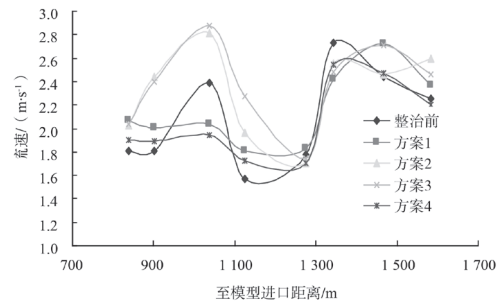
图3 工程整治前后水面线对比



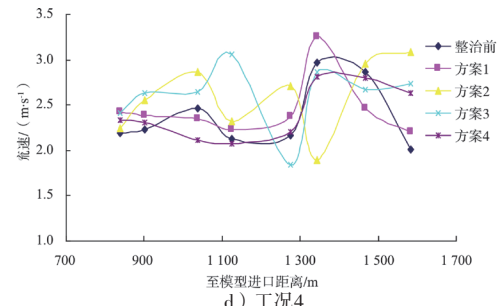
a) 工况1



b) 工况2



c) 工况3



d) 工况4

图4 工程整治前后流速对比

表2 工程整治前后河段比降对比 %

序号	工况	挖槽上游段	挖槽中下游段	码头前沿段	码头下游段
1	整治前	1.830	0.330	0.570	0.120
	方案1	0.170	1.220	0.450	0.140
	方案2	0.957	0.726	0.432	0.139
	方案3	0.034	0.789	0.542	-0.019
	方案4	0.130	0.560	0.660	0
2	整治前	0.260	0.160	-0.420	-0.190
	方案1	0.340	0.960	0.050	-0.270
	方案2	0.460	0.890	0.070	-0.230
	方案3	0.553	0.792	0.094	-0.253
	方案4	0.460	0.950	0.080	-0.230
3	整治前	0.340	1.100	0.800	-0.020
	方案1	0.210	0.920	0.680	0.020
	方案2	1.491	0.439	0.576	0.201
	方案3	1.399	0.146	1.036	-0.290
	方案4	0.040	0.990	0.900	-0.100

续表

序号	工况	挖槽上游段	挖槽中下游段	码头前沿段	码头下游段
	整治前	0.230	1.460	0.730	-0.100
	方案1	0.040	1.450	0.680	0.080
4	方案2	1.392	0.708	1.307	-0.420
	方案3	1.233	3.762	-1.320	0.097
	方案4	0.760	0.950	1.320	0.410

表3 工程整治前后部分断面流速表 m/s

序号	工况	cs23	cs25	cs30	cs34	cs41	cs43	cs47	cs51
	整治前	1.09	1.16	2.18	0.58	1.01	1.74	1.63	1.48
	方案1	1.39	1.42	1.69	1.17	0.95	1.31	1.64	1.54
1	方案2	1.37	1.53	1.53	1.09	0.99	1.79	1.62	1.58
	方案3	1.44	1.67	1.44	1.45	1.02	1.63	1.77	1.49
	方案4	1.47	1.60	1.62	1.41	1.03	1.74	1.80	1.58
	整治前	2.88	2.76	2.85	2.79	2.89	2.83	2.32	2.24
	方案1	2.63	2.68	2.64	2.74	2.72	3.09	2.55	2.05
2	方案2	2.37	2.79	2.86	2.85	2.95	2.88	2.64	2.29
	方案3	2.85	2.84	2.76	2.74	2.92	3.05	2.55	2.26
	方案4	2.89	2.83	2.76	2.73	2.95	2.89	2.59	2.24
	整治前	1.81	1.81	2.39	1.57	1.78	2.73	2.44	2.25
	方案1	2.07	2.01	2.04	1.81	1.83	2.42	2.72	2.37
3	方案2	2.03	2.44	2.81	1.96	1.70	2.55	2.46	2.6
	方案3	2.04	2.40	2.88	2.27	1.75	2.48	2.71	2.46
	方案4	1.90	1.89	1.94	1.73	1.70	2.54	2.47	2.20
	整治前	2.19	2.23	2.47	2.13	2.16	2.97	2.87	2.01
	方案1	2.43	2.39	2.35	2.23	2.37	3.25	2.47	2.21
4	方案2	2.25	2.56	2.86	2.32	2.21	1.90	2.95	3.08
	方案3	2.41	2.63	2.65	3.06	1.84	2.56	2.67	2.73
	方案4	2.33	2.31	2.12	2.07	2.21	2.81	2.80	2.63

方案1实施后,挖槽和填沱将河槽分为左右两槽,右槽(即挖槽)为主通航航道。码头前沿最大流速在工况2和工况4下分别为3.09 m/s和3.25 m/s,均大于2.5 m/s。且在4种工况下,最大局部比降均出现在挖槽中下游段,分别为1.22‰、0.96‰、0.92‰和1.45‰。挖槽区域(cs25~cs34)在枯水期和工况2的情况下有少量泥沙淤积,工况3时淤积量增加;码头前沿及两个码头之间(cs41~cs51)随流量的不断加大,淤积程度逐渐加深。此方案就改善吊桥附近流态而言整治效果较好,但挖槽范围上游局部区域在枯水期

航深仍不能达到要求,下游码头前沿水深不足;且在流量较大时,挖槽区域和两个码头之间有一定程度的淤积。

方案2实施后,深沱区域内泡漩水等不良流态得到较大改善,码头前沿在2#丁坝的作用下,泥沙淤积量明显减少,淤积问题得到解决。但由于1#丁坝的挑流作用,挖槽区域进口段在枯水期的流速达到1.53 m/s,远远大于天然状态下的1.16 m/s,局部比降由方案1时的0.17‰增至0.957‰,使得上游大量的粗颗粒泥沙被带到槽内,形成淤积;同时在工况4的情况下挖槽内的流速达到3.03 m/s,码头前沿的平均流速达到3.08~3.43 m/s,均不满足设计要求。

方案3实施后,由于扩大了挖槽后半段区域,槽内流速变大,泥沙颗粒被水流冲走,很好的解决了方案2枯水期挖槽内的淤积问题,航槽稳定性较好;但由于丁坝的挑流作用,挖槽内的流速达到3.2 m/s,码头前沿的平均流速达到2.8~3.06 m/s,流速较大的问题仍未得到解决。

方案4实施后,分析实验成果可知,该方案的挖槽范围较方案1,2的范围大,使枯水期挖槽前沿的航深得到满足;取消挖槽前沿对岸上游的丁坝,解决了方案2中挖槽区域出现大面积回淤的问题;而取消了码头对岸上游的丁坝,码头前沿的流速得到了有效控制,基本处于3 m/s以下,满足设计要求。不利的是在流量较大时两个码头之间区域存在一定程度的淤积,但由于码头前方伸向核心的下河梯坎具有一定的挑流作用,致使码头前沿走沙比较明显,无淤积态势,不会对航深及船舶系靠造成不利影响。

综上所述,认为方案4可以作为该滩的推荐整治方案,供设计和建设单位参考。

4 结语

通过整治方案研究,工程最终采取浅区挖槽和深沱筑潜坝相结合的整治措施,使得该河段的航道尺度满足设计要求,航道条件得到根本改善,此外该整治措施相对工程量较小,很好地节约了施工成本,可以为类似滩险的整治提供参考。

(下转第150页)