

嘉陵江土湾滩航道整治模型试验研究

何进朝, 母德伟

(重庆交通大学 西南水运工程科学研究所, 重庆 400016)

摘要: 土湾滩处于三峡水库变动回水区, 低水期航道弯、浅、急, 三峡水库蓄水后, 推迟并缩短了该河段的走沙期, 改变了原有的走沙规律, 产生累积性泥沙淤积, 造成右岸河床滩槽易位, 水库消落期出现碍航现象. 通过滩段成库前后水流条件和河床演变试验分析, 揭示滩险演变规律和碍航成因, 经物理模型试验, 提出沿土湾滩洪水水流动力轴线采用基建性疏浚措施, 开辟新航槽, 解决滩槽易位后的碍航问题. 试验结果表明, 整治方案实施后, 右岸边滩继续发展, 新航槽内无累积性泥沙淤积, 能够满足Ⅲ级航道尺度要求, 达到整治目的.

关键词: 变动回水区; 滩槽易位; 航道整治; 模型试验

中图分类号: U617.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-640X(2012)04-0024-05

嘉陵江下游航道是重庆航道规划“一干两支”中的“一支”, 是重庆高等级航道体系的重要组成部分, 也是重庆水路运输干支直达的重要通道^[1]. 然而嘉陵江草街以下 68.2 km 河段滩险多达 27 处^[2], 航道等级较低, 拟采用整治措施使其达到Ⅲ级航道标准. 其中土湾滩是嘉陵江下游严重碍航的汉道浅滩, 该滩处于三峡水库 175 m 调度方案变动回水区, 既受到三峡水库回水影响, 又受上游草街枢纽调水拦沙影响, 还与两江汇流组合有关, 水沙条件和航道条件极为复杂^[3]. 以往的研究^[4-6]表明, 在三峡水库 175 m 运行后, 土湾河段出现泥沙累积性淤积, 原航槽不具备通航条件, 而三峡水库正常蓄水, 迫切需要对该滩进行航道整治, 以适应蓄水后航运发展要求.

1 滩段概况及成因分析

土湾滩是嘉陵江下游严重碍航的滩险之一^[2], 为汉道型浅滩, 枯水航槽弯、浅、急, 该滩上距磁器口 3.5 km, 下距河口 12 km. 滩段进出口均较狭窄, 尤其是进口有两巨大石梁耸立于江中, 名为石门, 将航道分为左右两槽, 右槽宽约 40 m, 现为枯水主航道, 洪水时右槽水陡流急, 航行条件恶劣, 行船改走左槽. 土湾滩水流分汊, 右汊航槽弯、浅, 水流扫弯, 是现行枯水主航槽; 左汊虽顺直, 但长期水深不足. 该滩的成因: 一是该滩上游进口段洪水河宽仅 350 m, 至滩段骤然放宽到 700 m, 水流扩散, 流速降低, 泥沙大量沉积所致; 二是由于汛期水流取直, 主流左移至冤冤碛副槽, 但此处河床由礁石组成, 水流无法将其冲宽冲深, 同时, 主流取直后, 右槽处于回流区或缓流区, 泥沙大量落淤, 汛后水位退落, 水流归槽冲刷, 淤沙大部分被冲走, 形成枯水弯槽. 该滩整治前航道尺度为最小水深 1.3 m, 槽宽 35 m, 弯曲半径 350 m.

三峡水库采用汛后蓄水方式, 推迟和缩短了嘉陵江土湾滩的冲刷走沙期, 加上回水影响, 导致土湾河段出现泥沙累积性淤积. 同时, 近年来在该河段进口即石门大桥右侧修建滨江路, 占用有效河宽 40 m 左右, 造成洪水期土湾一带回流范围增宽和泥沙淤积范围加大. 泥沙系列试验^[4]表明, 水库运行 30 a, 该河段泥沙淤积总量为 $5.95 \times 10^6 \text{ m}^3$, 平均淤积量为 $2.97 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}$, 土湾河段发生滩槽易位现象, 原右岸枯水主河槽全部淤塞形成边滩, 滩面宽达 100 ~ 320 m, 淤厚 10 ~ 18 m, 滩面高程达到 178.5 m 左右, 主槽已完全移至河道左侧的冤冤碛

收稿日期: 2011-11-25

基金项目: 西部交通建设科技基金资助项目(编号: 2003 328 520 42)

作者简介: 何进朝(1978-), 男, 广东阳春人, 助理研究员, 硕士, 主要从事水利水电工程研究. E-mail: he_98@163.com

坝上.在库水位消落至低水位时,左槽航深不足,流速比降较大,船舶航行困难,需要进行航道整治.

2 模型简介及试验条件

试验在三峡水库变动回水区重庆河段泥沙模型上进行,模型范围上起长江茄子溪下至铜锣峡,长43 km,嘉陵江从井口以上2 km至河口,长25 km.制模地形主要根据实测的1:5 000河道地形图,采用断面板法缩制,对局部特殊地形则参照不同单位实测的陆上和水下地形图,采用加密断面方式,并辅以等高线法相配合.同时采用最新实测河床地形对重点河段进行重新塑造,还根据嘉陵江、长江两岸新建的滨江路、防护堤、港口码头以及跨江大桥等对模型进行了修改,以准确反映人工建筑物对重庆河段水流条件及泥沙淤积的影响^[7].

考虑到近年来嘉陵江水沙条件变化,以及今后嘉陵江梯级开发对试验河段水沙条件的影响^[8-10],本研究采用1991—2000年系列水沙资料及其数模计算成果施放浑水过程,以便更好地反映模型试验的预测效果.模型各比尺分别为:平面比尺175,垂直比尺125,流速比尺11.18,流量比尺244 570,糙率比尺1.89,水流时间比尺15.65,沉降速度比尺7.986,粒径比尺1.495,起动流速比尺9.353,挟沙能力比尺0.398,干重度比尺2.68,悬移质时间比尺105.

3 整治原则与整治标准

3.1 整治原则

嘉陵江土湾河段位于三峡水库变动回水区中段,兼具天然河流与水库特性,水库175 m方案蓄水运行后,该河段水位壅高,流速减小,泥沙淤积加剧.汛后水库蓄水,该河段水位壅高达10~15 m,失去了建库前汛末退水冲刷的条件,造成泥沙累积性淤积,边滩淤高,支汊淤死,滩槽易位,河型转化^[3-4].根据变动回水区泥沙淤积规律与河床演变趋势,采用基建性挖槽措施,沿洪水动力轴线布置挖槽,增强消落末期冲刷能力,维持挖槽稳定,改善通航条件.考虑到嘉陵江来沙量明显减少,副槽泥沙淤积量不大,在未筑整治建筑物的情况下,利用水库消落末期冲刷,达到挖槽稳定要求.

3.2 整治标准

根据嘉陵江航运发展规划,土湾滩航道等级为内河Ⅲ级,设计标准为2.4 m×60 m×480 m(航深×航宽×弯曲半径),通航保证率为95%.在天然情况下,土湾河段通航保证率95%对应的设计流量为327 m³/s,出现时间一般在12月至次年3月.而三峡水库按175 m方案运行后,该河段将处于回水变动区中段,根据水库调度方式,三峡坝前水位于10月底蓄水至175 m,次年2月底起水位逐渐消落,至5月底消落至155 m控制水位,届时在12月至次年3月虽然上游来水量较小,但受三峡水库壅水影响,本河段水位仍较高,滩段航道条件较好,根据数模计算成果,每年4月至5月消落期该河段才出现碍航情况,按95%保证率推求得嘉陵江土湾滩设计流量为937 m³/s(相应长江流量为3 181 m³/s),以此作为该河段在三峡水库按175 m蓄水运行30 a的设计流量.

4 试验成果分析

4.1 整治方案

开辟左槽通航,挖槽轴线沿洪水动力轴线方向布置,开挖长度1 150 m,挖槽断面型式为梯形,底宽80 m,边坡1:3,槽底高程在进口处挖至159.50 m,纵坡0.5‰,进口做成喇叭口形,使上口水流平顺,方便船舶进出槽,出口也加深加宽,便于与下游深槽平顺衔接,整治方案布置见图1.

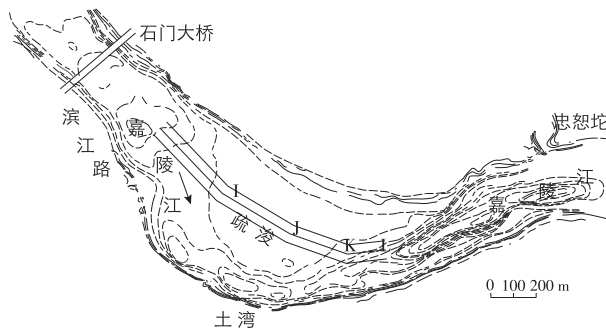


图1 土湾滩整治方案布置

Fig. 1 Regulation scheme for Tuwan shoal

4.2 试验成果分析

- 4.2.1 航道尺度 整治方案实施后,土湾滩航槽顺直,弯曲半径大于1 000 m,航宽80 m,航深在2.5 m以上,航道条件根本改善,满足Ⅲ级航道尺度要求。
- 4.2.2 水流条件 在天然情况下,挖槽引起上游水位明显降落,比降也相应调整,设计流量时新航槽分流比达到79%,滩上水位下降1 m,水面比降由整治前的0.82‰降至0.27‰;在两江(嘉陵江/长江,下同)流量分别为2 600/5 200 m³/s时水面比降从0.79‰降至0.40‰。
- 在三峡水库运行30 a后,由于边滩淤高,水流归槽,同流量情况下,虽然水位抬升1 m左右,但水面比降均有所增加,两江流量937/3 181 m³/s时,滩段上游水位增加1.05 m,水面比降由蓄水前的0.27‰增至0.43‰;在两江流量2 600/5 200 m³/s时水面比降从0.40‰增至0.62‰。整治前后水位及比降见表1。

表1 土湾滩整治前后水位及比降

Tab.1 Water levels and gradients before and after regulation of Tuwan shoal

流量/(m ³ ·s ⁻¹) $Q_{\text{嘉陵江}}/Q_{\text{长江}}$	位置	整治前		整治后			
		水位/m	比降/‰	三峡水库175 m第1年		三峡水库运行30 a	
				水位/m	比降/‰	水位/m	比降/‰
327/3 181	CS372	163.08	0.92	162.05	0.39	163.10	0.45
	CS365	161.60		161.58		162.56	
937/3 181	CS372	164.16	0.82	163.16	0.27	164.14	0.43
	CS365	162.85		162.84		163.63	
2 600/5 200	CS372	166.01	0.79	165.21	0.40	166.75	0.62
	CS365	164.75		164.73		166.00	
10 000/8 000	CS372	171.06	0.18	170.92	0.13	172.79	0.38
	CS365	170.77		170.76		172.33	
10 000/19 500	CS372	173.73	0.03	173.72	0.03	174.63	0.12
	CS365	173.69		173.68		174.49	

- 两江流量为937/3 181 m³/s时,新开航槽水流平顺,流速分布比较均匀,最大流速为2.8 m/s。两江流量为2 600/5 200 m³/s时,新槽中段和出口处的最大流速分别降至3.50和3.31 m/s。由于右汊被淤死,导致过水面积明显减小,因此使得滩段流速较蓄水前普遍增大。如流量为937/3 181 m³/s时,挖槽最大流速出现在中部,其值为3.6 m/s;两江流量为2 600/5 200 m³/s时,挖槽段最大流速已达4.6 m/s,船舶上行困难。
- 4.2.3 河床演变 从土湾滩段淤积地形、淤积等厚线(图2)及淤积剖面图(图3)可见,随着水库运行时间的增长,滩槽逐渐发生易位,右汊原枯水主航槽逐渐淤塞形成新边滩,左汊副槽则变为主航槽,三峡水库运行30 a右岸新边滩已宽达100~250 m,淤厚一般在5~12 m,滩面高程为168~172 m。挖槽内泥沙淤积甚少,厚度小于0.5 m。可见新开航槽基本稳定,航道尺度仍满足设计要求。

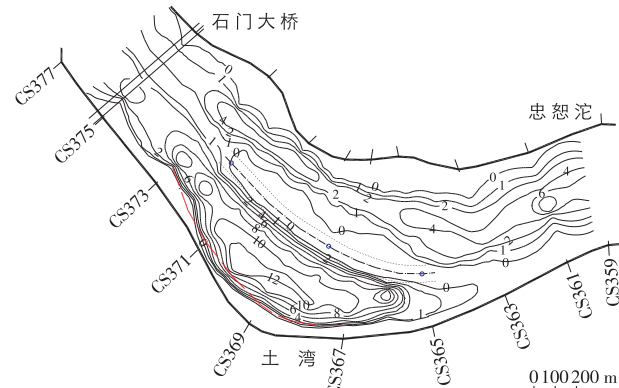


图2 整治后三峡运行30 a淤积等厚线
Fig.2 Contours of sediment thickness after 30-year-running of the Three Gorges reservoir

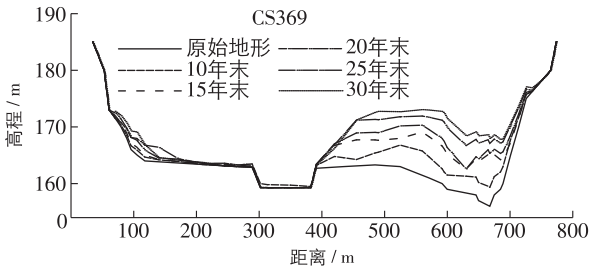


图3 整治后三峡运行30 a淤积剖面
Fig.3 Sedimentation vertical profiles after 30-year-running of the Three Gorges reservoir

5 结 语

(1)三峡水库按 175 m 方案运行后,土湾河段将发生累积性泥沙淤积,河道边滩淤高,右岸枯水深槽将被淤塞形成新的边滩,原有枯水主航程将逐渐左移,而左岸在天然情况下是边滩,航槽左移致使航道尺度降低,航深不足,迫切需要进行航道整治。

(2)土湾滩航道整治工程是适应该河段未来河床演变规律的整治措施,其整治原则必须抓住该河段未来“滩槽易位,河型转化”的特点,根据变动回水区泥沙淤积规律与河床演变趋势,采用基建性挖槽措施,沿洪水动力轴线布置挖槽,增强消落末期冲刷能力,维持挖槽稳定,改善通航条件。

(3)试验结果表明,整治方案实施后,在天然情况下,航槽顺直,航道弯曲半径明显增加,航道条件得以改善,达到整治目的。

参 考 文 献:

- [1] 重庆市交通规划勘察设计院. 重庆市航道发展规划[R]. 重庆:重庆市交通规划勘察设计院, 2008. (Chongqing Traffic Planning Survey & Design Institute. Chongqing channel development planning[R]. Chongqing: Chongqing Traffic Planning Survey & Design Institute, 2008. (in Chinese))
- [2] 文岑. 嘉陵江草街至朝天门河段滩险特征分析[R]. 重庆:重庆西南水运工程科学研究所, 2006. (WEN Cen. Cascades characteristics analysis of Caojie to Chaotianmen section of Jialingjiang River[R]. Chongqing: Chongqing Southwest Hydraulic Engineering and Science Research Institute for Waterways, 2006. (in Chinese))
- [3] 赵世强, 张绪进, 母德伟. 三峡工程变动回水区重庆河段泥沙模型试验研究报告[R]. 重庆:重庆西南水运工程科学研究所, 2001. (ZHAO Shi-qiang, ZHANG Xu-jin, MU De-wei, et al. The sediment model investigation of Three Gorges reservoir's fluctuating backwater area Chongqing reach[R]. Chongqing: Chongqing Southwest Hydraulic Engineering and Science Research Institute for Waterways, 2001. (in Chinese))
- [4] 杜宗伟, 母德伟, 何进朝. 嘉陵江井口至朝天门河段整治工程关键技术研究报告[R]. 重庆:重庆西南水运工程科学研究所, 2006. (DU Zong-wei, MU De-wei, HE Jin-chao. Key technical research of regulation project of Caojie to Chaotianmen section of Jialingjiang River[R]. Chongqing: Chongqing Southwest Hydraulic Engineering and Science Research Institute for Waterways, 2006. (in Chinese))
- [5] 张绪进, 母德伟, 赵世强. 三峡水库回水变动区重庆河段泥沙淤积影响及治理[J]. 重庆建筑大学学报, 2006(5): 13-17. (ZHANG Xu-jin, MU De-wei, ZHAO Shi-qiang. Sediment aggregation and regulation for Chongqing reach of the fluctuating backwater district in Three Georges Reservoir[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2006(5): 13-17. (in Chinese))
- [6] 张绪进, 何进朝, 母德伟, 等. 上游来水来沙变化及对重庆河段泥沙淤积的影响[J]. 水利水运工程学报, 2010(1): 23-29. (ZHANG Xu-jin, HE Jin-chao, MU De-wei. Impact of incoming runoff and sediment on sediment deposition along the Chongqing reach [J], Hydro-Science and Engineering, 2010 (1):23-29. (in Chinese))
- [7] 刘德春, 李龙成, 程平, 等. 重庆主城区河段河床边界条件研究[J]. 人民长江, 2007(9): 132-135. (LIU De-chun, LI Long-cheng, CHENG Ping, et al. Research of riverbed boundary condition of Chongqing urban reach[J]. Yangtze River, 2007 (9): 132-135. (in Chinese))
- [8] 张莉莉, 陈进. 长江上游水沙变化分析[J]. 长江科学院院报, 2007(6): 34-37. (ZHANG Li-li, CHEN Jin. Analysis on change of water flow and sediment in upstream of Yangtze River[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2007 (6):34-37. (in Chinese))
- [9] 戴会超, 王玲玲, 蒋定国. 三峡水库蓄水前后长江上游近期水沙变化趋势[J]. 水利学报, 2007(增1): 226-231. (DAI Hui-chao, WANG Ling-ling, JIANG Ding-guo. Near term water flow and silt concentration variation trend of Yangtze River before and after impounding of Three Gorges Reservoir[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2007(Suppl1): 226-231. (in Chinese))
- [10] 长江科学院. 上游修建骨干水库对三峡水库水沙条件的影响[R]. 武汉:长江科学院, 2005. (Yangtze River Scientific Research Institute. Impact of construction of key reservoirs on sediment deposition to Three gorge Reservoir[R]. Wuhan: Yangtze River Scientific Research Institute, 2005. (in Chinese))

Model tests for waterway regulation of Tuwan shoal of Jialing River

HE Jin-chao, MU De-wei

(Chongqing Southwest Water Transport Engineering Research Institute, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Tuwan shoal is located in the fluctuating backwater area of the Three Gorges Reservoir. The channel appears to be curved, shallow and rapid when water level is low. The period of sediment movement would be delayed and shortened during the Three Gorges Reservoir impoundments. Sediment accumulation causes translocation of river pattern, which will obstruct navigation during the water level falling stage. Through experimental analysis of flow conditions and riverbed evolution after the shoal stores water, the evolution rule of the rapids and the causes of the navigation obstruction are found. Moreover, the model test study puts forward the regulation measures; along the torrent flow dynamic axis of the Tuwan shoal, a new navigation channel is opened up by using capital dredging measures to solve the navigation obstruction problem caused by the translocation of river pattern. Experimental research results show that after the regulation works are finished, the right shoal of the Tuwan keeps developing, and the new navigation channel has no accumulative sediment deposition. The navigation channel can meet the regulation requirements and be up to the standard dimension of channel class III.

Key words: fluctuating backwater area; transformation of river pattern; waterway regulation, model test

重大工程科研及国家“863”计划专题项目 “连云港淤泥质海岸筑堤新技术试验研究”通过中期检查

2012 年 7 月 10 日,连云港港 30 万吨级航道建设指挥部在连云港组织召开了我院承担的重大工程科研及国家“863”计划专题项目“连云港淤泥质海岸筑堤新技术试验研究”中期检查会.参加会议的有中交上海航道勘察设计研究院有限公司、中交第三航务工程局有限公司、江苏省水运工程技术研究中心等单位的代表、特邀专家及我院项目组主要研究人员.

项目组重点汇报了采用疏浚土在连云港港所开展的旗台及徐圩充填袋筑堤试验段中所取得的成果,包含充填材料特性、堤身新型结构型式、堤身工作机理、施工技术与工艺等多项内容.与会专家详细审阅了有关技术资料,本着科学、求实的精神对中期研究成果进行了讨论.专家组一致认为本项目研究技术路线正确、研究成果丰富、资料翔实、数据可信,在取得大量现场试验研究成果的基础上进行了深入的理论分析和总结,具有重要的创新性,并具有明显的经济、环境、资源效益和重要的理论意义、工程价值.

项目取得的阶段性成果得到了与会专家、业主和代表的一致认可,通过了专家组的审查验收.项目组将根据专家提出的意见和建议,进一步完善和深化研究成果.

摘自南京水利科学研究院网站