



长江宜宾—重庆航道浅滩整治措施分析

罗 梁, 解中柱, 杨祥飞

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

摘要: 2003年以来长江宜宾—重庆段航道陆续按Ⅲ级航道标准进行了系统建设。建设过程中结合具体河势及碍航情况采取了单纯疏浚, 顺坝与潜坝结合, 疏浚配合丁坝、丁顺坝, 疏浚、筑坝、护底配合等浅滩治理措施。结合实例对浅滩整治措施和效果进行分析。

关键词: 长江宜宾—重庆段; 浅滩整治; 措施分析

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)10-0096-06

Regulation measures analysis of Yangtze River shoal from Yibin to Chongqing

LUO Liang, XIE Zhong-zhu, YANG Xiang-fei

(Changjiang Chongqing Harbor and Waterway Engineering Investigation and Design Institute, Chongqing 401147, China)

Abstract: Yibin to Chongqing section of the Yangtze River waterway was constructed systematically since 2003 according to the standard of grade III channel. According to the river regime and navigation-obstruction situations, we took regulation measures including simple dredging, longitudinal dike with ground sills, dredging, spur dike with spur and longitudinal dike, dredging, dam construction with river bottom protection, as well as shallow governance, etc. in the process of the construction. The regulation measures and effect for the shoal were analyzed based on the engineering example.

Key words: Yibin-Chongqing section of the Yangtze River; shoal regulation; analysis of measures

随着西部大开发战略的实施, 长江上游沿江经济快速发展, 水路运输需求大大增加。2003年以来长江宜宾—重庆段航道陆续按Ⅲ级航道标准进行了长江泸州—重庆河段和长江宜宾—泸州河段一、二期等系统工程建设。目前航道整治、航标配布、配套设施建设等工作相继完成, 为千吨级船舶到达宜宾、全面提升长江上游航运能力、促进沿江地方经济发展和西部大开发战略深入实施创造了必备条件。该段河道宽窄相间, 河床组成以基岩、卵石为主, 年内冲淤变化明显, 年际基本平衡。按照代表船型、通航水流标准和规划航道等级的要求, 不同河床形态及其碍航原因往往形成水深不足浅滩、流速和比降过大急滩和不良流态影响船舶航行安全的险滩等不同滩险类型,

以及多种碍航原因并存的复杂滩险或滩群等。该河段航道整治过程中涉及了较多的山区河流浅滩治理。在炸礁、疏浚结合整治建筑物治理浅滩的已有经验基础上, 该河段浅滩治理过程中结合各滩具体河势与碍航情况分别采取了单纯疏浚, 碛尾顺坝结合潜坝, 疏浚配合丁坝、丁顺坝, 疏浚、筑坝结合护底等具有典型意义的浅滩治理措施及方案, 取得了较好的整治效果^[1-3]。

1 单一疏浚

以宜昌上游741.5 km浅碛子滩为例。浅碛子为一枯水浅滩, 顶部平均高程约为设计水位下1.5 m。该滩所在河段平面上呈两头窄、中间宽的形态。洪水期整个河段较宽, 砂卵石容易淤积, 而中枯

收稿日期: 2012-07-26

作者简介: 罗梁(1971—), 男, 工程师, 从事港口与航道工程设计与研究。

水下段河床较窄,产生雍水,汛期淤积物不能全部冲刷,达不到要求的航行水深而形成过渡段浅滩。整治前滩段内平均比降 $0.84‰$,局部最大比降 $2.59‰$ 。滩段内最大流速 2.1 m/s ,平均流速 0.99 m/s 。该滩河床比较稳定,仅在上游左岸的浅碛子和下游右岸的干坝子之间有一浅埂,最小水深仅为设计水位下 2.5 m ,不能满足 2.7 m 的设计水深。多次测图成果分析发现,该浅埂多年如此,水深情况也基本保持在 2.5 m 左右。地质勘察结果表明,该浅埂主要由较为紧密的大粒径卵石、砾石构成,卵石粒径一般为 $20\sim 50\text{ mm}$,部分卵石粒径达 $200\sim 400\text{ mm}$,水流很难对其进行自然冲刷。由于该滩紧临兰家沱港区,来往船舶密度较

大,河段船舶逐渐大型化,该浅区对船舶航行、掉头、靠泊构成较大阻碍。

此滩位于三峡水库 175 m 蓄水变动回水区末端,来水来沙条件复杂。左岸为港区,如设整治建筑物需布置在非主流的右侧凸岸,不具理想的束水攻沙效果,筑坝工程量较大。考虑该滩浅区主要由构成较紧密的较大卵石组成,浅埂多年变化不大,因此治理措施为对浅碛子和干坝子间的浅区进行疏浚,考虑 20 m 的备淤宽度和 0.3 m 的备淤深度,疏浚挖槽宽度为 70 m ,疏浚深度为 3.2 m ,使其满足Ⅲ级航道的通航标准。挖槽位置适当偏右,疏浚基线顺应主流与上、下深槽平顺连接。图1为浅碛子整治方案示意。

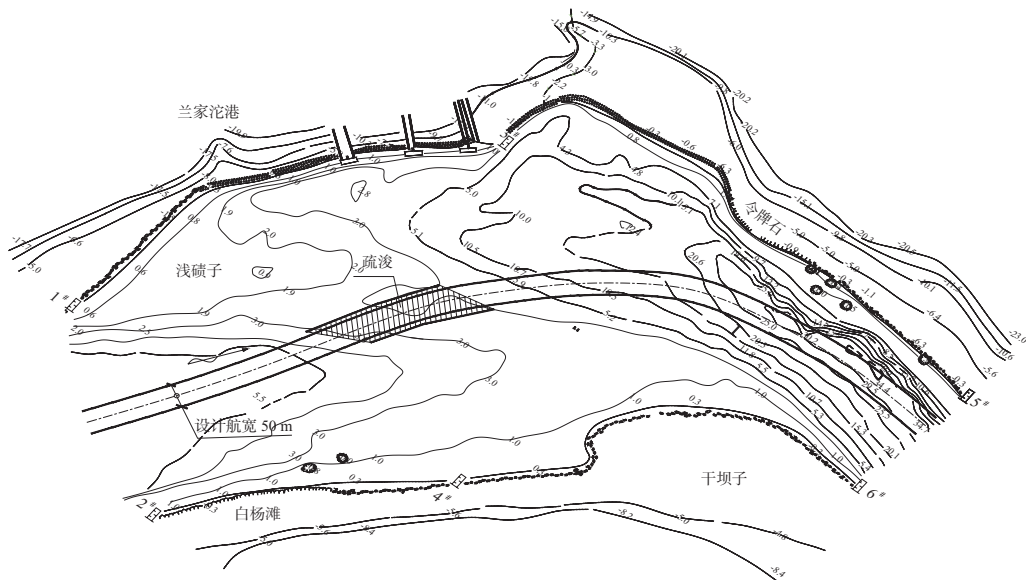


图1 浅碛子整治方案

该滩整治后疏浚区回淤量很少,目前疏浚区水深达到 3.2 m 以上,浅区航宽航深均得到增加。与施工前比较,疏浚后上深槽有所冲深,疏浚区上端处目前达 3.3 m 水深,且向左侧移动,有由错口型浅滩向正常浅滩发展的趋势。在疏浚区的左侧也有约 30 m 宽的区域满足 3.2 m 水深的要求。航槽内水流流态较好,枯水测得疏浚区流速 1.94 m/s ,滩段最大流速 1.98 m/s 左右,最大比降 $1‰$,既保证航槽的冲刷力度,又满足滩段航行要求。该滩采用疏浚过渡段浅区的治理方案后,航道水深达到 2.9 m 以上,满足设计尺度要求,设计代表船型枯水通过本滩段不再减载通行^[1-3]。

该滩研究阶段拟在右岸建3条丁坝以稳定航槽疏浚区。后分析认为在右凸岸建设丁坝,属于在非主导河岸建整治建筑物,虽然有效果但不明显。本滩位于三峡库区变动回水区末端,浅区水深不足较少,河床质卵石粒径相对较大且紧密,多次测图分析浅区相对稳定,故设计阶段只采取了疏浚措施,即保持了疏浚区有效水深。疏浚后没有采用筑坝整治措施,一个水文年后疏浚区稳定,上深槽向下游和左侧方向发展,有由错口型浅滩向正常浅滩发展的趋势,对滩险向消除浅区方向发展非常有利。实践证明该方案是合理的,治理是成功的,达到了Ⅲ级航道尺度要求,可为

同类滩险治理借鉴。但是该滩处在三峡水库175 m蓄水变动回水区末端,三峡水库按175 m蓄水后应特别注意加强疏浚区下口3 m水深点附近的维护观测。

2 碛尾顺坝与潜坝结合

以宜昌上游743.5 km鲤鱼碛滩为例。鲤鱼碛滩为一枯水浅滩,滩段上下游河势为“S”型河道。其中龙门滩石梁下游为巨大的鲤鱼碛卵石碛坝。鲤鱼碛与右岸之间有一小浩,设计水位上2 m开始过流,中洪水期过流较大,小浩下游冲成深潭,枯水期有滚向深潭的横流。在鲤鱼碛的下游河道缩窄,右侧水深逐渐增大,形成深潭。左岸称杆碛与右岸鲤鱼碛相对峙,在鲤鱼碛尾部形成过渡段浅滩。整治前滩段内平均表面流速2 m/s,最大表面流速3.63 m/s,位于鲤鱼碛碛尾下游约100 m处。滩段内平均水面比降0.79‰。鲤鱼碛尾部的过渡段航深时有不足,船舶过往此处有触浅危

险。而此处水流直冲向右侧深潭,且流速较大,达3.63 m/s,若行船偏于右岸航行,受此横流影响,则有扫弯触礁的危险。碛尾水浅,有冲向右侧深槽的横流,并且横流流速较大是该滩的主要碍航特征。

分析该滩碍航的主要原因在于滩段河面放宽,水流挟沙能力减弱,落淤形成巨大的鲤鱼碛。枯水期水流流过鲤鱼碛尾后,面流向深潭扩散,形成冲向右岸的横流,潭底则产生环流指向左岸,将沙、卵石推向河心而形成过渡段浅滩。随着时间的推移,过渡段逐渐变浅,深潭则逐渐加深,横流更趋明显,滩势进一步恶化。为此在鲤鱼碛尾部建短顺坝1座,坝长250 m,以规顺水流,阻止枯水冲向右岸深槽的横流,下游右岸深槽建潜坝1座,坝长120 m,以集中水流冲深航槽,同时可减弱潭底产生的环流,一定程度上避免深潭继续淘深。图2为鲤鱼碛整治方案示意。

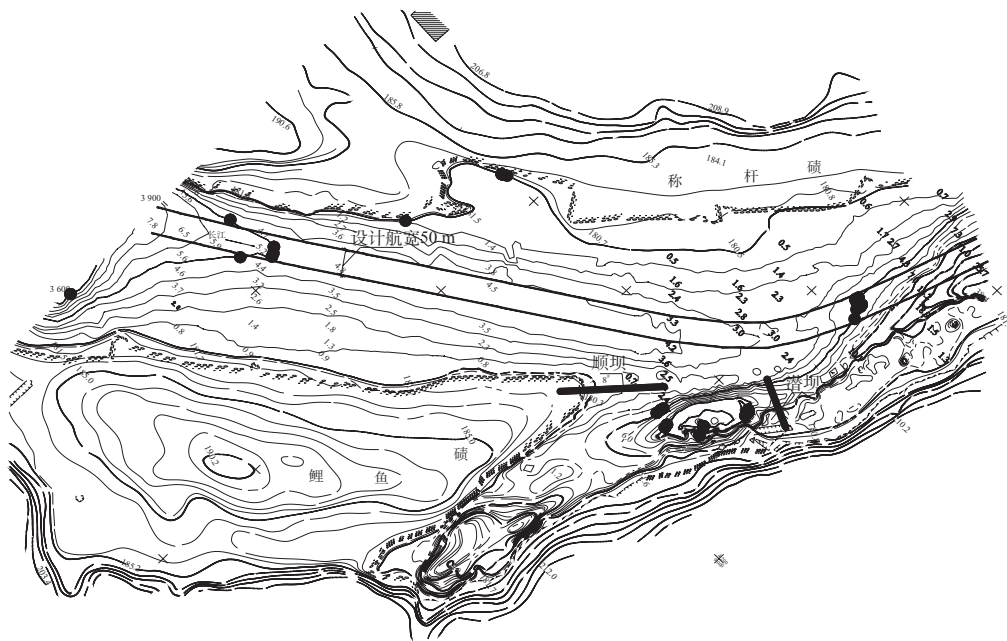


图2 鲤鱼碛整治方案

2003年4月本滩整治前,滩上最大表面流速达3.63 m/s(测时水位为设计水位上1.28 m),位置在该滩中段靠近左岸的部位。2007年12月工程实施后,该部位表面流速为3.25 m/s(测时水位为设计水位上1.57 m),工程实施前后表面流速减小0.38 m/s。实施前靠近右侧深槽的横流附近部位最大表面流速为3.4 m/s,实施后为2.94 m/s,流速

减小0.46 m/s。整治工程实施后滩上水流流向线朝左岸偏移约20 m,水流流向归顺,冲向右侧深槽的横流明显减弱。滩段最浅位置仍然在鲤鱼碛尾部,浅区水深略有增加。工程实施前航槽内3 m等深线没有贯通,最浅点水深为设计水位下2.8 m,工程实施后3 m等深线贯通,2007年12月最浅点水深为设计水位下3.1 m,2008年1月最浅点水深为

设计水位下 3.3 m, 水深增加 0.5 m, 满足设计航道尺度要求。通过对滩段完工后流速、流向、水深的观测比较可以看出, 该滩整治后滩段流速有一定减小, 靠近右岸深槽的水流归顺, 横流减弱, 鲤鱼碛尾航道浅区内的水深增加, 航道条件得到改善。分析原因首先在于靠近右岸深槽中的潜坝抛筑后对滩段水流有一定的壅阻作用, 使得滩段流速有一定减小, 减弱了深槽的吸流作用和深槽内环流, 对减弱该部位有害横流起到了一定的作用; 其次鲤鱼碛尾顺坝的抛筑调顺了碛尾水流的流向, 也有效减弱了碛尾冲向右侧深槽的横流; 此外顺坝和潜坝的抛筑将水流归顺到主航槽中, 使得枯水期水流对鲤鱼碛碛尾航槽浅区有效冲刷时间延长, 表现为碛尾航道浅区水深增加。工程实施后滩段水深增加, 解决了整治前滩段水深时有不足的问题, 满足了设计航道尺度要求; 整治后滩段水流流速减小, 流向趋直, 基本解决了原下行船舶过滩受碛尾横流影响跨向右侧深槽落湾的问题。工程实施后滩段整治效果较好, 达到了该滩整治预期目的, 整治后滩段航道条件得到改善^[1-3]。

治理横流浅险滩通常采用疏浚配以整治建筑物的方法。本滩考虑到滩段航槽浅区水深基本能够满足设计尺度要求, 仅个别时候偶现不足, 整治方案没有考虑疏浚, 而是单纯使用整治建筑物进行滩段治理。效果观测和分析表明, 该滩整治

方案是合理的, 可为同类型滩险治理借鉴。

3 丁坝、丁顺坝与疏浚配合

以宜昌上游 762.7 km 关刀碛滩为例。关刀碛为枯水浅险滩。滩段位于一个较大的弯曲河段, 关刀碛高出枯水位 6 m 左右。关刀碛河段汛期通航条件良好, 枯水期水位消落, 左岸平缓碛坝逐渐出露, 主流逐渐沿右岸下泄。本滩历史上未进行过整治, 1996 年以来关刀碛滩头碛翅淤积量有增大趋势, 造成航行困难, 不能满足Ⅲ级航道要求。关刀碛碛翅淤积发展, 束窄航槽, 枯水期主流受左岸关刀碛碛翅壅水影响, 在关刀碛脑部产生冲向右岸的横流, 上、下行船舶为避免横流影响, 均需抱紧关刀碛碛翅航行, 易发生海损事故。关刀碛碛翅束窄航槽以及碛翅处的横流是该滩碍航的主要原因。

整治方案: 1) 是在滩上段左岸修建 1 座丁坝, 将主流挑向河心, 加强对关刀碛碛翅的冲刷, 以保持航槽稳定, 调顺水流流向, 减弱冲向右岸横流, 便利船舶安全航行; 2) 是在丁坝下游修建 1 座丁顺坝, 阻挡关刀碛碛脑向左岸方向的横流, 归顺主流沿航槽方向下泻, 维持疏浚区枯水期流速, 以保持航槽稳定; 3) 是疏浚关刀碛碛翅, 增加碛翅浅区航道水深, 满足Ⅲ级航道通航标准要求。图 3 为关刀碛整治方案示意。

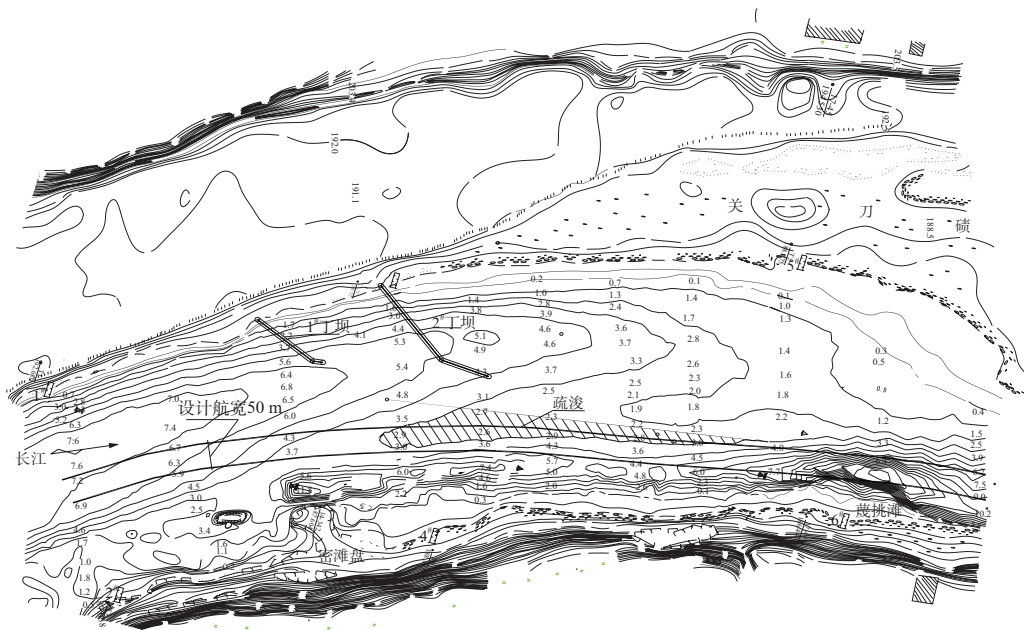


图 3 关刀碛整治方案

工程实施后关刀碛滩丁坝坝体结构稳定,丁坝迎、背水侧河床地形变化不大。丁坝坝头前沿冲深2.5 m,冲深范围长40 m,宽20 m。整治建筑物抛筑后整治作用明显。本滩整治前滩上浅区最大表面流速为2.15 m/s,工程完工2个水文年后滩段浅区位置最大表面流速为3.38 m/s,工程实施前后滩上浅区流速增大,促进了枯水期对浅区的冲刷。比较整治前后的水流表面流向线,整治后滩上水流行向线朝右岸偏移了约60 m,水流流向变得更为顺直,关刀碛碛脑附近横流明显减弱。工程实施前碍航程度最为严重的关刀碛碛头处航道狭窄,受关刀碛碛翅发展的影响,满足航道水深要求的航宽只有45 m,整治后航道显著拓宽,达到了65 m。2005年12月疏浚后的测图,航槽内最浅点水深达3.5 m;2007年9月测图,航槽内最浅点水深为3.3 m,当年12月航槽内最浅点水深为3.6 m,位置均在下丁坝正对的航槽中。这说明整治工程实施后,航槽稳定,关刀碛碛头未再淤积发展,同时该滩在由中洪水期转为枯水期的过程中,水流对航槽冲刷作用明显,丁坝在枯水期束水挑流冲刷航槽作用发挥较好。整治后滩段水流向右岸航槽中偏移,关刀碛碛脑向左岸方向的横流得到减弱,水流归顺,原航道较窄的关刀碛碛头处的航道水深和宽度增加,航道尺度得到保证,整个滩段航道条件明显改善,上下行船舶过滩航行变得安全便利。分析原因首先在于疏浚关刀碛碛翅浅区拓宽和增加了该部位的航道水深和宽度;其次在于滩上段抛筑2道丁坝将主流顶向了河心,水流流向同航槽走向趋向一致,不再靠向左岸,使得滩口横流得到减弱,滩段水流行向得到了较好调整;三是受丁坝挑流影响,滩段浅区水流流速增大,加大了对滩段浅区的冲刷,使得关刀碛碛翅被疏浚切除后不再发展,保障了航道水深,维持了航槽的稳定。整治工程的实施有效解决了枯水期关刀碛碛翅处航道狭窄、碛头横流严重的碍航问题,中洪水期滩段航道条件也较好,滩段整治效果明显,达到了该滩整治的预期目的^[1-3]。

本滩整治方案采用疏浚航槽浅区,辅以整治建筑物调整水流冲刷浅区,以维持航槽稳定,改

善滩段航道条件。效果观测和分析表明,该滩的整治方案布置是合理的。整治方案通过疏浚拓宽航槽,解决了滩段航槽水浅狭窄问题;通过抛筑丁坝调整归顺了主流流向,解决了滩口横流严重的问题,维持了航槽稳定。本滩治理方案合理,疏浚和整治建筑物等治理措施效果良好,可为同类型滩险治理借鉴。

4 疏浚、筑坝、护底相结合

以宜昌上游912.5 km金钟碛滩为例。金钟碛滩位于泸州主城区内,系长江与沱江干支流汇流形成的过渡段枯水浅滩。该河段在平面上似一肚子状。左侧有沱江汇入。河道向右呈90°弯曲河道。左岸岸线较为规则,建有滨江路,水域部分为泸州港的码头布置密集区。江中有金钟碛暗浅潜伏,将河道分为左右两槽;左槽较深,但弯曲、狭窄,曾为枯水航槽;右槽较浅。枯水主流沿左岸港区经沱江口而下;中洪水期主流趋向右槽。目前滩内最大流速2.27 m/s,当水位接近设计水位时主航槽平均流速1.31 m/s。滩内水面平均比降为0.32‰,局部最大比降为0.54‰。1988—1997年本滩疏浚整治时将金钟碛右槽开辟为主航槽,整治后按1.8 m×40 m×400 m的Ⅳ级航道标准进行维护。主航道改为右槽后,受弯道阻水作用和滩尾左侧沱江汇流顶托作用,滩段洪水期流速和比降较小,水流挟沙能力较弱,泥沙在滩段大量淤积。航槽内最浅水深2.1~2.4 m,枯水期出浅碍航,船舶航行至此极易触底搁浅,发生海损事故。

本滩整治方案为:1)沿金钟碛右槽深泓线疏浚航槽,开挖宽度约40 m,满足航道尺度要求;2)右岸布置勾头丁坝2座,长316.5 m和392 m,坝顶高程为设计水位上2 m,以保持挖槽稳定;3)采取混凝土铰链排对左槽进行带状护底,以保证左槽及左岸的稳定。图4为金钟碛整治方案示意。

整治后金钟碛疏浚区流向线变得顺直,流态改善,流速增大为0.9~1.4 m/s,保证了疏浚区域的水深稳定。滩段平均比降没有明显变化,疏浚区局部比降由整治前的0.7‰~1‰降为整治后的0.5‰~0.8‰。整治后滩段横比降略有减小,局



图4 金钟碛整治方案

部最大横比降减小为 0.2‰ , 平均横比降减小为 0.1‰ 。整治前滩段3 m等深线宽度只有45 m左右, 航槽内最浅点水深2.4 m左右。整治后疏浚区水深均在3.0 m以上, 3 m等深线宽度均在100 m左右。勾头丁坝抛筑后坝根淤积, 坝面完整, 坝体稳定, 充分发挥了整治作用。整治后滩段枯水期平均流速 0.93 m/s , 平均纵比降 0.2‰ , 满足船舶上滩水流指标要求。整治后疏浚航槽内流速加大, 疏浚区基本没有回淤, 水深稳定, 达到了Ⅲ级航道尺度要求。左岸港区水域采用混凝土铰链排护底既保证了河床稳定, 又满足了船舶进出港区的要求^[1-3]。

本滩整治采用混凝土铰链排护底防止了水流对左侧港区的冲刷, 采用2道丁坝束水冲沙保证了航槽稳定, 消除了滩段碍航浅区, 船舶可以沿金钟碛坝右侧航槽安全航行。实现了航行船舶与进出泸州港船舶的航线分开, 消除了原来过往船舶与进出泸州港船舶交叉航行的安全隐患, 该河段航道及港区的通航条件显著改善。该滩疏浚、丁坝、护底结合治理港区河段浅滩的思路可为类似滩险治理借鉴。

5 结语

山区河流的浅滩治理涉及多种因素, 实践中

应当按照实事求是的原则进行综合治理, 不断总结山区河流航道整治经验, 通过数值模拟计算、物理模型试验等手段提高整治技术水平, 以求得经济、合理的航道整治方案。

多年长江上游航道整治实践证明, 山区河流河势稳定, 采用炸礁、疏浚结合整治建筑物的措施改善局部河床地形、治理碍航浅滩是行之有效的^[4-5]。

参考文献:

- [1] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江上游泸州纳溪至重庆娄溪沟航道建设工程工程可行性研究报告[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2004.
- [2] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江干线宜宾合江门至泸州纳溪航道建设一期工程初步设计报告[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2006.
- [3] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江干线宜宾合江门至泸州纳溪航道建设二期工程施工图设计[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2007.
- [4] 周冠伦, 孙仲茂, 王士毅, 等. 川江航道整治[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [5] 长江航道局. 航道工程手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.

(本文编辑 郭雪珍)