

# 澜沧江滩群河段施工超挖对整治效果的影响



马李伟

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

**摘要:** 以澜沧江四级航道建设工程中西瓜滩—勐宋滩滩群整治为依托, 针对滩群河段施工超挖可能对整治效果带来不利影响并形成新的碍航区问题, 采用现场实测资料与物理模型相结合的方法, 进行了滩险碍航特性和整治前后水面、流速、消滩指标等方面的研究, 得出在滩险集中的复杂河段施工中, 超挖会造成滩险整治效果达不到设计预期, 甚至出现新的碍航区。采用恰当的壅水或调流等补救措施, 可以达到预期的整治效果。在今后类似滩险施工中, 应严格控制超挖, 保障整治效果。

**关键词:** 滩群; 施工超挖; 消滩指标

中图分类号: U 615

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)09-0198-05

## Influence of construction over-excavation on regulation effect of shoal group reaches of Lancang River

MA Li-wei

(Chongqing Shipping Engineering Survey and Design Institute of the Yangtze River, Chongqing 401147, China)

**Abstract:** By investigating the regulation of the Xigua-Mengsong shoal group in the Level IV waterway construction project on Lancang River, this paper discusses the problem that the construction over-excavation in shoal group reaches can cause an adverse effect on the regulation effect and produce new navigation-obstructing areas. It then combines field measurement data and a physical model to explore the navigation-obstructing characteristics of shoals and the water surface, flow velocity, and parameters of rapids abating before and after regulation. The results indicate that regarding the construction in complex reaches with dense shoals, over-excavation leads to a shoal regulation effect falling short of the design expectations and even creates new navigation-obstructing areas. Appropriate remedial measures, such as backwater and flow diversion, can achieve the expected regulation effect. Future construction at similar shoals should strictly control over-excavation to ensure the regulation effect.

**Keywords:** shoal group; construction over-excavation; parameter of rapids abating

澜沧江四级航道建设工程上起秀山码头、下至中缅 243 界碑, 全长 387 km。航道整治部分治理滩险 43 处<sup>[1]</sup>, 其中西瓜滩、无名滩、绣花滩和勐宋滩分布在工程河段约 3.0 km 范围内, 是典型的滩群河段, 具有以下特点: 1) 滩险密度大, 需整治的部位多; 2) 河势岸线参差不齐, 河床地形起伏剧烈; 3) 滩槽相间, 具有典型山区河

流特性。单滩整治难度虽然不大, 但是由于滩群集中, 单滩整治易造成对邻近滩险的不利影响<sup>[2-3]</sup>, 在整治过程中既要实现单滩整治目的, 又要保证整个滩群的整治效果。因此, 在整治方案研究过程中, 采用物理模型提出了推荐方案。工程于 2020 年开工, 2021 年施工基本完成, 之后发现开挖高程偏低, 超深过大, 导致

滩群出现新的碍航区, 未达到预期设计效果。

针对施工超挖对滩群河段整治效果的影响, 本文分析了影响因子及影响程度, 提出了补救改善措施, 并建议在今后类似河段施工时, 应控制超挖。

## 1 滩险概况及碍航特征

根据实测地形资料并结合现场调研, 对工程河段各滩险的航道尺度和通航条件进行了核查分析, 总体体现为急和险, 同时兼有浅和弯。各滩险情况见表 1。

表 1 工程河段滩险概况及碍航特征

滩名	滩性	概况	碍航特征	具体描述
西瓜滩	错口型洪水急滩	河势顺直, 河道狭窄, 枯水滩口河宽约 70 m, 滩口上下深槽。滩口处右凸咀在上, 左凸咀在下, 形成交错卡口	急, 兼具浅	枯水期航道尺度有所不足; 洪水期为急滩, 航槽内存在不能自航上滩区域, 越洪越浅; 但因大流量出现的几率很小, 同时在不能自航上滩区外有近 40 m 宽区域可供自航上滩, 因此整个滩险碍航程度不大
无名上滩	单侧双咀型常年急滩	滩险分为 2 段, 上段位于无上咀, 下段位于无冲咀, 均直伸入航槽, 形成卡口, 压缩航道, 且航路弯曲。滩险常年流急浪打、不良流态频繁	急, 兼具弯	枯水期航道尺度不足; 各级流量下均存在不能自航上滩区域, 且在占据的河宽较大; 但仍有 20~40 m 宽度区域可供自航上滩, 因此碍航程度一般
无名滩	长直窄槽型常年急滩	岸线总体狭长顺直, 枯水河面约 60 m, 洪水约 100 m, 河床为基岩, 地形高, 由此造成水流急、比降陡、流态乱	急, 兼有浅	枯水期航道尺度不足; 常年存在不能自航上滩区域, 且长度长、宽度大, 碍航程度严重
绣花滩	弯道浅滩	洪水期宽度: 滩头 90 m, 中部 260 m, 出口 90 m, 形成两头窄中间宽的平面形态。进口有秀山咀挑流, 中部右侧形成大边滩压缩航道至左岸一侧, 航道弯曲	弯、浅	枯水期航道尺度不足; 中段河段宽阔, 冲刷能力不足, 易出浅而碍航, 同时航道弯曲
勐宋滩	对口型枯水急滩	在滩段左岸有溪口冲积堆, 右岸有勐岩咀基岩凸咀, 将河道由 140 m 缩窄至 50 m, 且深泓突起, 水深浅, 由此造成水流急、流态乱	急, 兼具浅	枯水期航道尺度不足; 枯水期不能自航上滩区域充满全部河宽, 长度较长, 越枯越浅, 碍航程度严重

## 2 整治方案及预期效果

### 2.1 整治方案

针对工程河段滩险集中且相互影响的复杂碍

航成因, 根据滩险碍航特性及碍航成因的分析, 采用物理模型进行研究<sup>[4]</sup>, 整治方案见图 1。

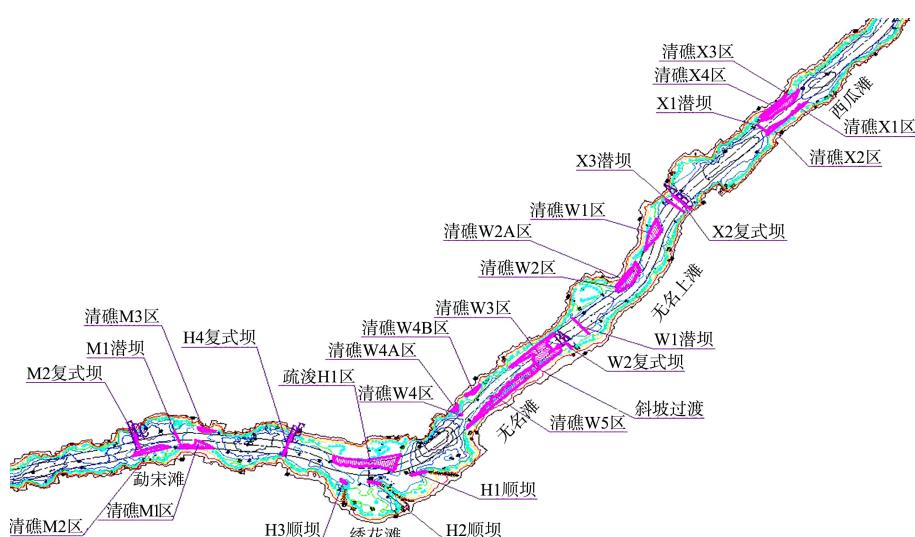


图 1 滩险整治方案布置

### 2.1.1 西瓜滩

针对西瓜滩枯水期航道尺度不足且流速大的碍航问题,切除两岸礁石凸嘴,布置 X1~X4 共 4 处清礁区,清礁底部高程为设计最低通航水位以下 5 m;为缓解因清礁而造成的水位跌落,布置了 X1 潜坝和 X2 复式坝;为缓解因 X2 坝修建造成的水位跌落,避免形成新的不可自航上滩区,在紧邻 X2 下游修建 X3 潜坝。

### 2.1.2 无名上滩

针对无名上滩枯水期航道尺度不足且滩险流急、航道弯曲的碍航问题,清除了无名上滩右岸无上嘴和无冲嘴,布置 W1 和 W2 两处清礁区,清礁底部高程均为设计最低通航水位以下 3.5 m。

### 2.1.3 无名滩

针对无名滩枯水期航道尺度不足且流速大的碍航问题,采取清礁措施对航深和航宽不足的部分进行清除,布置 W3、W4、W3~W5 斜坡过渡区和 W5 共 4 处清礁区,清礁底部高程均为设计最低通航水位以下 3.5 m;针对中、高水位流速急的问题,对 2 处凸嘴进行切除,布置 W4A 和 W4B 2 处清礁区,清礁底部高程为设计水位 0 m;为缓解因清礁造成的水位跌落,布置了 W1 潜坝和 W2 复式坝, W2 坝可在坝下形成缓流区供船舶自航上滩。

### 2.1.4 绣花滩

针对绣花滩枯水期航道尺度不足且航道弯曲的碍航问题,对滩险右侧浅区进行疏浚,疏浚深度为设计最低通航水位以下 3.0 m;并在滩险右岸深沱原建丁坝坝头上布置 H1~H3 共 3 道顺坝,束水攻沙,保障航槽稳定;在绣花滩滩尾布置 1 道

丁潜坝 H4,其目的是缓解疏浚后水位跌落所造成的影响。

### 2.1.5 勐宋滩

针对勐宋滩枯水期航道尺度不足且水流急的碍航问题,对 2 侧凸嘴进行清除,共布置了 M1~M3 共 3 处清礁区,清礁底部高程均为设计最低通航水位以下 3.0 m;在清礁区下游布置 1 道潜坝 M1 和 1 道潜丁坝 M2,缓解因清礁造成的水位跌落。

### 2.2 预期效果

采用物理模型对整治方案实施后的效果进行论证。河段内滩险碍航的问题主要有 2 方面:一是航道尺度问题;二是滩险河段急和险、流态复杂问题。

1)对于航道尺度问题,主要分析整治后航深、航宽、弯曲半径是否满足要求。根据研究成果,整治后工程河段内各滩险的航道尺度均达到Ⅳ级航道标准,且未产生新的碍航浅区。

2)对于滩险河段急和险、流态复杂问题,尤其是影响船舶行驶安全和自航上滩的碍航问题,引入了消滩指标  $E$ :

$$E = v + 0.15J \quad (1)$$

式中:  $v$  为流速;  $J$  为比降。

当  $E$  小于消滩临界指标  $E_c = 4.4$  时,表明船舶能自航上滩;反之,则表示船舶不能自航上滩。整治后无名上滩中、洪水期最大消滩指标  $E_{max}$  为 4.48~5.02;无名滩枯、洪水期  $E_{max}$  为 4.66~4.71;勐宋滩枯水期  $E_{max}$  为 4.77,均大于  $E_c$ ,见图 2。虽然通航水域未完全消滩,但超标水域范围较小,并具间断性,同时各级流量均存在不小于 30 m 宽的自航区,具备自航上滩条件。

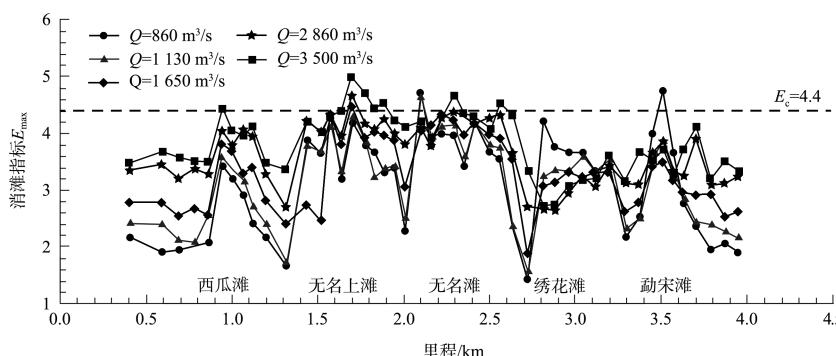


图 2 航槽  $E_{max}$  沿程分布

### 3 实施情况

为分析开挖区施工后地形与设计方案的差异, 将完工后的地形图与 2016 年设计地形图进行比较。经统计, 槽底开挖超深普遍在 0.6~1.0 m, 部分达到 0.8~2.0 m; 岸坡超深相对较大, 普遍在 0.6~2.0 m, 部分达到 3.0 m。其中 H1 开挖区坝头区域地形最大变化达 5 m, 见表 2。

表 2 开挖区施工超深

开挖区域	槽底		岸坡	
	平均超深/m	超深范围/m	平均超深/m	超深范围/m
W1	0.8	0.4~1.2	2.0	0.6~3.0
W2	0.6	0.6~0.8	0.8	0.6~1.4
W2A	1.0	0.4~2.0	1.6	1.2~3.0
W3	0.4	0.2~0.8	0.9	0.6~1.2
W4	0.4	0.2~0.6	-	-
W5	0.6	0.4~1.0	2.0	1.2~3.0
H1	0.8	0.2~2.0	2.0	1.2~3.0
M1	0.6	0.4~1.4	2.0	1.2~3.0
M2	0.6	0.0~3.0	2.0	1.2~3.0
M3	0.6	0.2~1.0	0.6	0.4~0.8

### 4 超挖影响

#### 4.1 对整治效果的影响

为了解超挖对于整治效果的影响, 采用实测资料分析与模型研究相结合的方式确定<sup>[5]</sup>。超深影响主要基于设计方案地形和施工超挖地形进行分析。首先, 在设计方案地形下施测水位、流速等; 然后, 将代表超挖部分的预制块去掉, 即变为施工超挖地形, 再施测水流条件; 最后, 将两者进行对比分析。

##### 4.1.1 对水面的影响

超挖引起的水面降落较为明显, 不同流量降落有所差异, 总体上呈现为流量越小, 影响越大。枯水时, 水面普遍降落 0.25 m, 最大降落出现在 W1 坝下(无名滩头), 为 0.37 m, 到西瓜滩尾水位降落 0.17 m; 随着流量增加, 水位降落减小, 到中水时普遍降落 0.15 m, W1 坝下降落减小到 0.25 m; 洪水时, 普遍降落不到 0.10 m, 最大降落出现在 X3 坝下, 为 0.18 m, 西瓜滩尾水位降落减小为 0.09 m。

##### 4.1.2 对比降的影响

沿程各滩段均存在局部陡比降, 超挖后比降产生一定变化, 不同流量、不同滩段变化的方向

和幅度有所不同。比降增大比较明显的 X3 坝段在枯、中、洪水期增值分别为 1.80‰、1.65‰、0.19‰; 其次是 H4 坝段, 枯、中、洪水期增值分别为 1.61‰、1.36‰、1.19‰。由于此 2 处的比降本身就比较大, 超挖使比降增大后, 对通航水流条件的影响可能较大, 但随流量增大, 影响明显减小。对于开挖区, 比降有所减小, 这是对通航条件有利的一面。

#### 4.1.3 对流速的影响

超挖引起的流速变化体现在 2 个方面: 开挖河段的减小和非开挖河段的增大, 而流量越小影响越明显。流速减小最明显的是勐宋滩, 枯、中、洪水期分别减小 0.51、0.27、0.13 m/s; 其次是绣花滩段, 枯、中、洪水期分别减小 0.43、0.19、0.10 m/s; 其它如无名滩、无名上滩开挖区段也有不同程度的减小。流速增大最明显的是 H4 坝段, 枯、中、洪水期分别增大 0.45、0.15、0.14 m/s; 其次是 X2~X3 坝段, 枯、中、洪水期分别增大 0.23、0.12、0.07 m/s; W1 坝段和西瓜滩尾在枯水期增大约 0.20 m/s, 中、洪水期增大不甚明显。

#### 4.2 对消滩指标的影响

根据航槽流速和比降分布, 可获得消滩指标的分布, 判断滩险是否成滩、消滩的典型代表参数是航槽内的最大消滩指标  $E_{\max}$ 。

通过对超挖方案和设计方案的  $E_{\max}$  对比, 可看出其变化规律与流速、比降一致, 即开挖区段减小, 非开挖区段增大, 表明超挖对通航条件存在有利的一面, 也存在不利的一面。有利影响为: 勐宋滩枯水期  $E_{\max}$  减小 0.74, 可达到  $E_{\max} < E_c$  的上滩条件, 使设计方案本有的碍航区消失; 无名上滩中水期  $E_{\max}$  减小 0.37, 也达到了  $E_{\max} < E_c$  的上滩条件。不利影响为: X2~X3 坝段由于比降和流速的增加, 枯水期最大消滩指标  $E_{\max}$  增大 0.59, 使得  $E_{\max} > E_c$ , 出现了碍航区, 且因跌水增大、流态变差, 自航上滩较困难; 中水期  $E_{\max}$  增大 0.43 达到 4.34, 趋近  $E_c$ , 给船舶顺利上行增加了难度; H4 坝段比降和流速的增加使得枯水期  $E_{\max}$  增大 0.65 达到 4.22, 接近  $E_c$ , 加之流态变差, 明显增加了船舶上行难度。

### 4.3 碍航区的变化

结合设计方案和超挖方案的消滩指标平面分布, 对比碍航区的变化情况, 分析对通航条件的影响。

有利影响为: 枯水时, 设计方案在勐宋滩存在局部急区碍航, 超挖方案中不仅急区消失, 且近急区范围大幅缩小, 无名上滩也没有出现近急区; 中水时, 设计方案在无名滩下段出现近急区, 无名上滩下段出现急区, 超挖后均消失, 通航条件得到改善; 洪水时, 超挖方案中无名滩下段和无名上滩下段的急区范围较设计方案明显减小, 近急区也有所缩窄。

不利影响为: 枯水时, 最不利影响出现在 X2~X3 坡段, 超挖后不仅出现了急区和近急区, 较缓区也充满了整个航槽, 上滩较为困难, 而设计方案通航条件较好; 其次是 H4 坡段, 原本通航条件较好的河段出现了较长范围的近急区, 增加了上行难度; W1 段增加的近急区在航槽外, 对通航影响不大。中水时, 超挖方案在 X2~X3 坡段出现全航槽的近急区, 而设计方案通航条件较好。洪水时, 超挖方案在 X2~X3 坡段的近急区范围比设计方案有所增大。

## 5 改进措施

### 5.1 改进思路

施工超挖主要恶化的航段为 X2~X3、H4 等壅水坝段, 其根本原因是超挖引起水面降落, 因此, 改善措施的基本思路是采取工程措施壅高水位。鉴于滩段水流湍急, 施工控制困难, 抛填的块石偏小难以稳定、偏大又可能航深不足, 如在超挖区采取回填或修筑浅埂的方式壅水, 改善效果难以掌握, 因此, 宜在合适的位置采取修筑潜坝、丁坝、复式坝等工程壅水措施。

### 5.2 工程布置

通过多次模型研究优化, 针对通航条件影响较大的 H4、X2~X3 坡段提出改善方案: 1) 超挖方案虽然恶化了 H4 坡段通航条件, 但最大消滩指标并未超过临界限值, 且近急区范围很窄, 在 H3 和 H4 之间的绣花滩尾左岸凸嘴位置布置潜丁坝能

调整流速分布, 改善流态; 2) 超挖方案使得 X2~X3 坡段出现碍航区, 但仅出现在航槽右侧很小的范围,  $E_{\max}$  略大于 4.4, 在西瓜滩尾、X3 坡下游约 100 m 处布置复式潜坝适当壅水, 则碍航区消失。

## 6 结论

1) 澜沧江 244 界碑至临沧港Ⅳ级航道建设工程西瓜滩—勐宋滩段河段施工中存在超挖的问题, 对超挖后的效果与设计效果进行了对比分析, 得出施工超挖同时存在有利、不利 2 方面的影响;

2) 有利影响: 体现在各滩开挖区河段, 因水位降落小于开挖超深, 故开挖区段流速和比降有所减小, 通航条件得到一定改善, 枯水时局部改善较大;

3) 不利影响: 体现在非开挖区段, 因水位降落引起流速和比降增大, 通航条件有一定劣化, 最明显的是枯水期壅水坝段;

4) 施工超挖导致枯水期各滩头和拟建壅水坝下的水面降落较明显, 局部河段通航条件变差, 甚至形成碍航区, 可以采取壅水或调流的补救措施以改善通航条件, 保证整个滩段的整治效果。

5) 施工超挖有利有弊, 但为保障滩群河段的整体效果, 仍应完全按照设计方案进行施工, 同时, 设计过程中应提出滩群施工的注意事项, 并做好技术交底工作。

## 参考文献:

- [1] 长江重庆航运工程勘察设计院. 澜沧江 244 界碑至临沧港四级航道建设工程施工图设计[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2018.
- [2] 杨斌, 许光祥, 刘琪. 澜沧江绣花滩群整治试验研究[J]. 水运工程, 2005(4): 56-61.
- [3] 马宪浩. 澜沧江西瓜滩至勐宋滩群航道整治方案[J]. 水运工程, 2019(6): 87-92.
- [4] 重庆交通大学. 澜沧江 244 界碑至临沧港四级航道建设工程无名滩航道整治物理模型试验研究报告[R]. 重庆: 重庆交通大学, 2017.
- [5] 重庆交通大学. 澜沧江 244 界碑至临沧港四级航道建设工程无名滩段航道整治工程施工超深的影响研究报告[R]. 重庆: 重庆交通大学, 2021.