

澜沧江三道拐河段航道整治方案优化设计

陈一波¹, 王舒涛²

(1. 广州港工程管路有限公司, 广东 广州 510730; 2. 云南省港航投资建设有限责任公司, 云南 昆明 650000)

摘要: 澜沧江 244 界碑至临沧港四级航道建设工程以曼厅大沙坝河段航道整治为依托, 针对三道拐河段航道整治方案进行研究, 分析了三道拐河段滩险成因及碍航特性, 并通过物理模型试验, 重点对比不同方案实施后的整治效果, 同时结合整体模型试验, 推荐最优方案, 为后续航道整治方案确定提供支撑, 对今后类似复杂滩险航道整治具有一定的借鉴作用。

关键词: 模型试验; 复杂滩险; 航道整治

中图分类号: U617

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2020) 07—0112—03

澜沧江—湄公河是亚洲唯一一条连接六国的国际河流, 是连接中国—东盟自由贸易区的桥梁和纽带, 素有“东方多瑙河”之称。随着澜湄合作、西部大开发战略的深入实施和人民生活水平的不断提高, 对水路客、货运的需求越来越大, 2.0m×40m×300m (航深×航宽×弯曲半径, 下同) 五级航道标准已不能满足航运的需求, 进一步提升航道尺度是十分必要和迫切^[1]。由于三道拐河段滩险兼有“弯、险、窄、急”等碍航特征, 且水流条件十分复杂, 整治难度较大^[2], 本文拟以澜沧

江四级航道建设工程物理模型研究为依托, 针对三道拐河段航道整治方案进行研究, 为后续工程设计及类似复杂滩险航道整治提供借鉴。

1 滩险概况

三道拐河段位于景洪下游约 39.0km, 该河段滩险密集。枯水期弯道急流险滩, 滩险上游紧邻曼厅大沙坝出口, 下游 200m 紧邻曼丙滩险。由三个连续的弯曲滩段组成, 平面上呈“S”型, 滩险进口河窄, 向下在第一弯曲段内放宽, 然后束窄成卡口, 过卡口后逐渐放宽至

(2) 2010 年到 2018 年近十年时间, 虽然闸下航道平面位置存在变化, 但总体形态基本保持, 主航道先向东南再向北, 中段折向北分东、西两汉; 东、西两汉以东侧港汉水深较大, 对滩槽上在建的风机基础影响较小。

(3) 主港汉东南段在万亩海参园围垦后, 逐渐向南逼近匡围线, 与设计航道轴线有一定偏差。主港汉平面位置虽然有所变化, 水深也存在季节性变化, 但基本维持在 -2~4m。

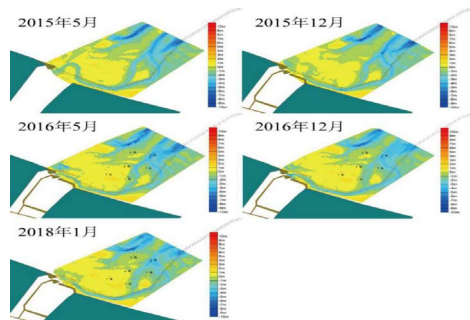


图7 施工过程中进港航道实测地形图

要求, 周边风电工程未对进港航道区域地形产生明显不利影响。设计的航道选线合理, 满足建港需求。

参考文献:

- [1] 于建忠, 吕犇. 沿海挡潮闸下游消能防冲措施设计浅析[J]. 水利水电工程设计, 2017, 36(02): 12-14.
- [2] 尚进, 赵玉宇. 潮间带风电机组基础桩基局部冲刷深度计算研究[J]. 风能, 2016(11): 90-92.
- [3] Kirk Moore. Northeast fishing ports at risk from rising seas[J]. National Fisherman, 2020, 100(9): 10-11.
- [4] 宋双, 黄志扬, 张建锋, 陈中. 大丰港 15 万吨级深水航道试挖工程回淤监测[J]. 水运工程, 2015(11): 110-114.
- [5] 杨华, 冯学英. 上海洋山港区和进港航道水域泥沙特性及回淤分析研究[J]. 水道港口, 2000(03): 17-22.
- [6] 曾长新. 乐清湾港区试挖槽监测分析[J]. 中国水运, 2007(12): 52-53.
- [7] 黄志扬, 丁健, 刘红, 张建锋, 郑德海. 南通港吕四港区进港航道试挖工程回淤监测研究[J]. 水运工程, 2012(12): 218-224.
- [8] 李艳, 吴福林. 辐射沙脊浅滩区渔港工程进港航道选线及设计[J]. 中国水运, 2014(9): 294-297.
- [9] 赵洪波, 钱敏. 江苏如东附近海域泥沙运动遥感分析[J]. 水道港口, 2004(01): 34-37.

4 结论

本研究过程依据渔港建设过程中进港航道地形监测和工程区海域多年卫星遥感资料, 总结了渔港建设过程中进港航道的平面摆动情况, 分析海堤和导流堤等工程对进港航道流路变化的具体影响以及航道沿程的泥沙冲淤变化。研究表明, 闸下航道平面位置不断微调, 但总体形态基本保持不变, 水深随季节性有所波动, 但均可满足渔船进港

第二个弯段，河道放宽，再向下，河道再次束窄成卡口，过卡口后进入第三个弯段，江面放宽。

1991年至1996年曾对三道拐进行切嘴、清障为主的整治施工，清除了第一、第二道弯道中岸线突出的岩盘，清除了江中大岩盘的上部分及江中部分明暗礁石。在澜沧江五级航道一期工程中，针对滩险枯水期航槽弯曲、中洪水流态紊乱的碍航问题，采取对航槽浅区进行清障开槽，布置了#1、#2、#3三个清障区，清除航槽浅区礁石、石盘，疏浚浅区至设计航深，同时为促进凸岸新开航槽的稳定性，在一道拐修建#1~#3丁坝群和出口#4丁坝，在二道拐适当将航槽右移，扩宽航槽，并增加弯曲半径，在弯顶上修筑#6、#7丁坝^[3]。

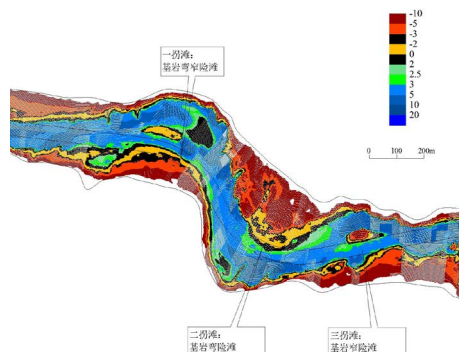


图1 三道拐滩段河势图

2 碍航特性分析

三道拐滩由一拐、二拐、三拐等三个连续反向弯道组成。一拐滩位于勐罕渡口下游约10.0km，中、枯水分汊，河中纵卧礁石江心洲，高程大多+2.0m左右，最高点约+3.0m。左槽蜿蜒曲折，水流杂乱，为2007年前主航道；2007年开辟右槽，航槽微弯，流速较大。一拐洲头分流区左向横流较强，洲尾汇流区流态紊乱。该滩右侧弯曲半径、航宽不足。二拐滩位于勐罕渡口下游约10.6km，一拐下游约600m。二拐为弯曲河道，左侧为宽大的礁石边滩，滩面礁石杂乱，高低不平，高程+2.0~+10.0m不等，仅在大洪水时全部过流；右侧为一大片回流区，弯顶及其下游已建有2条丁坝，高程约+0.0m。二拐中枯水水流扫弯水强烈，流线与航槽极不适应，丁坝上、下流态紊乱，泡漩汹涌，另弯曲半径不足，为基岩弯险滩。三拐滩位于勐罕渡口下游约11.0km，二拐下游约400m。三拐河中纵卧孤礁江心洲，顶部较高，最高点达+8.0m。左槽蜿蜒曲折，进出口不顺且水流杂乱，为现有主航槽；右槽顺直，但河槽狭窄，现拟开辟为主航槽。三拐右侧顺直，但航宽、航深不足，为基岩窄险滩。

3 物理模型

根据模型场地以及试验相关要求，确定模型范围

为勐罕~鬼门关。模型进口于景洪大坝下游约30.59km（勐罕渡口上游约1.65km），出口于景洪大坝下游约46.78km（鬼门关下游约0.7km），全长枯水河道里程16.189km。按平面比尺1:120计算，模型全长134.9m，进口具有17m（原型约2km），出口具有6m（原型约700m）的调节段，符合相关要求。

模型采用平面比尺 $\lambda_L=120$ 、垂直比尺 $\lambda_H=60$ 、变率 $=2$ 的变态模型。根据河工模型相似基本准则，需满足几何、重力、阻力以及连续等相似条件，由此可得如下相似比尺：

平面比尺： $\lambda_L=120$

垂直比尺： $\lambda_H=60$

变率： $\eta=2$

流速比尺： $\lambda_V=7.746$

水流时间比尺： $\lambda_t=15.49$

流量比尺： $\lambda_Q=55771$

糙率比尺： $\lambda_n=1.4$ （采用曼宁糙率公式）

河段枯水主槽最浅处位于曼哈洲尾浅区，设计流量时深泓水深约1.9m，模型水深3.2cm，符合避免表面张力影响对模型最小水深1.5cm的要求。该处枯水主槽流速不小于2.0m/s（模型0.26m/s），模型水流雷诺数 $Re_M=52000$ ，远大于模型水流进入紊流状态（雷诺数1000）的要求。

模型主要进行枯水、中水的水面线、大断面横向和垂向流速分布以及浮标流向等内容的验证。经对模型的水位、大断面流速及浮标流向、流态的验证，其结果满足定床河工模型的相似性要求。^[2]

4 方案优化试验

本文主要针对S5、S4坝方案进行优化试验。

(1) 布置一拐、二拐、三拐共3个炸礁区，根据下游方案试验结果，同时考虑到本段炸礁可能引起的水面降落，炸深分别取3.5m、3.0m、3.2m。

(2) 布置S1~S5共5条整治建筑物，顶部高程均为+0.0m，S1、S5洲头坝主要优化其长度，S2、S3丁坝主要优化其坝头位置，S4坝分为潜坝和丁坝两种工况。

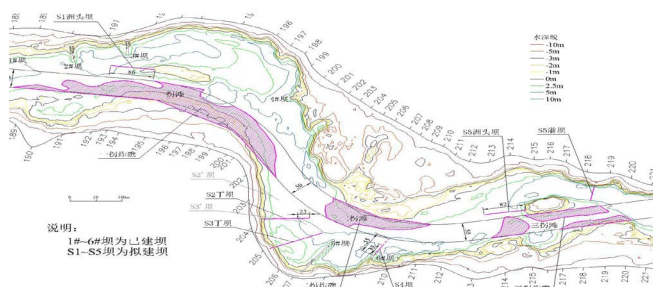


图2 三道拐滩段方案优化布置图

4.1 S5 洲头坝的优化

修筑 S5 洲头坝的主要目的是改善洲头横流，壅高上游水位，尽量减小开挖引起的水位降落。试验方案基础为一拐、二拐、三拐共 3 个炸礁区+S5 洲头坝，试验 $Q=800\text{m}^3/\text{s}$ 。

表 1 是 S5 洲头坝长度对水力参数的影响试验结果。可以看出：

(1) 三道拐炸礁对水位的影响十分显著，一拐、二拐、三拐最大分别降落了 0.76m、0.50m、0.65m（含下游工程的影响）。

(2) 洲头坝对抬高上游水位的作用非常明显，在无坝的基础上，三种坝长可分别抬升三拐水位 0.38m、0.24m、0.15m；对二拐也有作用，可分别抬升 0.25m、0.16m、0.10m；对一拐影响不大。

(3) 洲头坝明显增加了右侧航槽的分流量，流速增加较大，三种坝长最大流速达到了 4.72、4.35、4.07m/s，除坝长 27m 工况外，其余上滩指标均超标。

(4) S5 洲头坝对减小洲头横流效果明显。因此，综合考虑，坝长 27m 的工况基本可行。

表 1 S5 洲头坝长度对水力参数的影响

工况	$V_{\max}(\text{m/s})$	$J_{\max}(\text{‰})$	$\Delta Z_{\max}(\text{m})$		
	三拐		一拐	二拐	三拐
工程前	3.49	1.63			
无坝	3.83	2.35	-0.76	-0.50	-0.65
坝长 7m	4.07	2.20	-0.74	-0.40	-0.50
坝长 4m	4.35	2.12	-0.73	-0.34	-0.41
坝长 2m	4.72	1.98	-0.71	-0.25	-0.27

注： V_{\max} 、 J_{\max} 、 E_{\max} 分别表示最大流速、比降和综合消滩指标； ΔZ_{\max} 表示与工程前相比的最大水位变化，下同。

4.2 S4 坝的优化

已建 5#、6# 坝区域水流紊乱，扫弯水强烈，在二拐炸礁区末端出现局部滞留区，泥沙有可能落淤，修建 S4 坝（原 6# 坝延长）以期调整流速分布，同时壅高水位、改善流态。试验方案基础为一拐、二拐、三拐共 3 个炸礁区+S5 洲头坝（长度 27m），试验 $Q=800\text{m}^3/\text{s}$ 。

试验拟定了两个工况，丁坝：原 6# 坝延长 33m，坝头高程 +0.0m，距航槽边 22m；潜坝：原 6# 坝延长线上，高程 -4.0m，坝头靠近航槽边。图 2 是 S4 坝局部流场的影响，可以看出，丁坝可缩小滞留区，而潜坝作用微弱，不过可壅高上游水位 0.05~0.07m，改善局部流态，其中丁坝可能对通航有一定影响。

5 结论

综合考虑整治效果和相互影响，提出两个方案：

(1) 一拐、二拐、三拐炸礁+S5 洲头坝(长

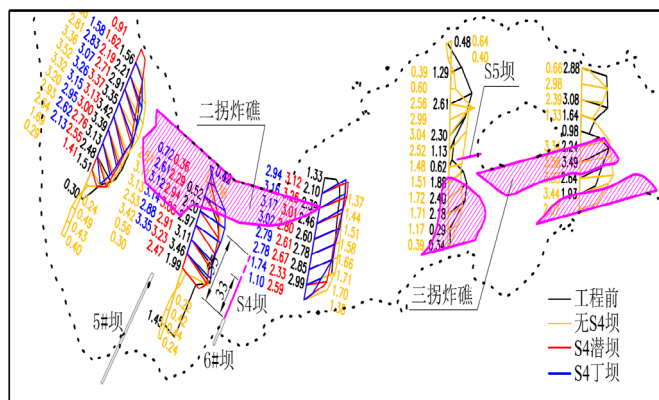


图 2 S4 坝对局部流场的影响图

27m)+S4 潜坝，坝顶高程均为 +0.0m。

(2) 一拐、二拐、三拐炸礁+S5 潜坝（顶高程 -3.0)+S4 潜坝+S2'、S3' 坝+S1 洲头坝（长 46m），坝顶高程均为 +0.0m。

通过物理模型试验，从最大流速、比降与工程前相比的最大水位变化来看，两方案均能改善三道拐滩河段航道条件，使该河段的航道尺度达到规划目标。通过“局部和整体优化相结合”的方法进行试验，首先获得单滩相对可行的初步方案或初步认识，再将各滩基本可行的方案组合形成整体方案进行整体测试优化，最终确定推荐采用方案一作为三道拐航道整治的实施方案。

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].2016.12.
- [2] 重庆交通大学. 澜沧江 244 界碑至临沧港四级航道建设工程曼厅大沙坝河段物理模型试验研究报告（定床部分）[R].2017.3.
- [3] 度瑶. 澜沧江三道拐河段航道整治模型试验研究 [J]. 重庆交通学院学报, 1999, 18(2): 109-113.