



# 长江东溪口航道整治船模通航试验研究

曾方

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

**摘要:** 东溪口水道受上游斗笠子急滩和下游东溪口浅险滩2个连续滩险的影响, 航行条件较差。针对东溪口水道目前存在的问题, 提出3种不同的整治方案。为分析河段整治后不同方案效果、船舶上滩条件、上滩难易程度及航行参数情况, 采用小比尺船模进行船舶上滩试验研究。通过对试验成果的比较分析, 选出最佳工程方案, 突出了船模试验在河工模型测量技术中的优势, 在工程中具有应用价值。

**关键词:** 东溪口航道; 航道整治; 船模试验

**中图分类号:** U 617

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2017)02-0071-06

## Experimental study on navigable condition by ship model in waterway regulation for Dongxikou reach of the Yangtze River

ZENG Fang

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** Affected by two continuous rapids including the upstream Doulizi rapids and downstream Dongxikou shoals, the navigation condition of Dongxikou waterway is poor. Aiming at the existing problems of Dongxikou waterway at present, three different regulation schemes are given. To analyze the effect of different schemes, the condition and difficulty of ships' ascending, as well as the navigation parameters, we adopt the small-scale ship model for the ship's ascending rapids test. According to the comparative analysis results, we choose the best engineering scheme, through which, the advantage of the ship model test is highlighted. This test has the advantage of the ship model test in river model measurement technique and application value in engineering.

**Keywords:** Dongxikou waterway; waterway regulation; ship model test

东溪口水道位于长江上游航道里程 806.0 ~ 816.0 km, 该水道目前航道等级为Ⅲ级, 航道维护尺度为 2.7 m×50 m×560 m(航道水深×航宽×弯曲半径), 见图 1。国家“十二五”期间规划长江上游重庆至宜宾段为Ⅱ级航道, 但东溪口水道受上游斗笠子急滩和下游东溪口浅险滩 2 个连续滩险的影响, 航行条件较差, 天然情况下不能满足Ⅱ级航道的标准, 需要对斗笠子和东溪口进行整治<sup>[1-2]</sup>。在整治方案实施后, 通过船模航行试验<sup>[3-4]</sup>, 研究分析整治条件方案实施后的船舶通行条件, 来确定和优化比选最佳整治方案。

### 1 船模试验

#### 1.1 水工模型

本船模上滩试验以“长江上游东溪口水道航道整治工程物理模型试验研究”水工模型试验为基础, 由国家内河航道整治工程技术研究中心建立, 模型为正态比尺,  $\lambda = 100$ 。

#### 1.2 船模参数

船模主要参数见表 1。船模经精心设计、制作和船模率定试验, 操纵性能符合船模与实船操纵性能相似的要求。

收稿日期: 2016-06-21

作者简介: 曾方 (1970—), 男, 高级工程师, 从事航道管理与维护及航道治理研究。

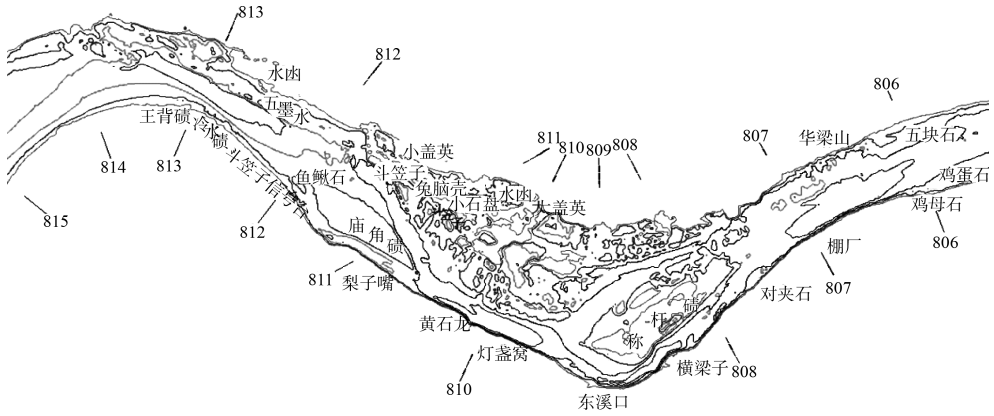


图1 东溪口水道河势

表1 船模参数

比尺参数	代表船型	船舶尺度(总长×型宽×设计吃水)/(cm×cm×cm)	载质量		最高船速		舵角
			实船/t	船模/g	实船/(km/h)	船模/(m/s)	
几何比尺 $\lambda_L = \lambda_H = 100$							
时间比尺 $\lambda_t = \lambda_L^{1/2} = 10$	2 000 吨级						
速度比尺 $\lambda_v = \lambda_L / \lambda_t = 10$	单船	84.9×14.0×2.8	2 000	2 000	18	0.5	左 35°~右 35° 无级比例操舵
排水量比尺 $\lambda_\Delta = \lambda_L^3 = 1\ 000\ 000$							

### 1.3 船模控制及采集系统

试验船模采用 2 000 吨级代表母型船舶制作完成,用 T6XH 船模无线电遥控系统进行航行的控制<sup>[5]</sup>。

船模试验采集系统实时采集船模运动状态,通过摄像机采集船模行走图像,利用图像处理技术获取船模的位置及姿态信息,同时利用软件技术采集船模行走的控制信息,计算得出船模行走时的各种信息参数。

船模采集部分采用流场测量系统。在河道模型上方安装高频高分辨率摄像机,并覆盖整个研究河段,在船模试验中,摄像机对船模行走位置进行视频采集,计算机通过图像采集卡将模拟视频信号转化为数字图像信号读入,再通过软件部分的图像处理技术获取船模的位置信息,如图 2~4 所示。



图3 船模试验采集系统



图4 2 000 吨级代表船模

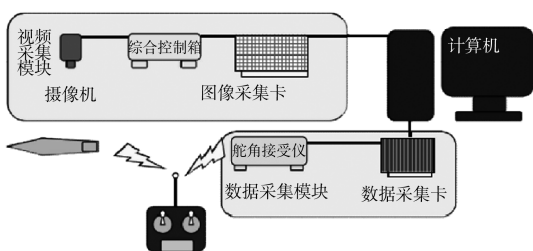


图2 船模试验采集系统

系统输出包括:时间、船头船尾点坐标、速度、舵角、漂距和漂角等数据。同时可输出船模实时航迹线、规划航迹线及模型边界等相关信息。

## 2 船模试验工况

### 2.1 河道整治方案布置

结合东溪口水道历年整治情况,基于推移质

输移特性和滩险演变的研究成果，确定东溪口的 3 种整治方案，重点确定左槽通航和右槽通航及新开航槽 3 种方案的航槽平面位置及走向，如图 5 所示。图 6~8 分别是 3 种整治方案的布置。

方案 1 的总体布置见图 6。斗笠子段疏浚<sup>[6]</sup> + 旋转并延长斗笠子顺坝+庙角碛右槽疏浚+秤杆碛右槽疏浚。

方案 2 的总体布置见图 7。斗笠子段疏浚+旋转并延长斗笠子顺坝+庙角碛右槽疏浚+秤杆碛左槽疏浚+大鸡翅膀—鸡心碛—小鸡翅膀筑顺坝。

方案 3 的总体布置见图 8。在金钟坝新开航槽通航。拆除斗笠子顺坝，经过斗笠子、金钟坝内侧与小鸡翅膀，最后与秤杆碛下游深槽平顺衔接。

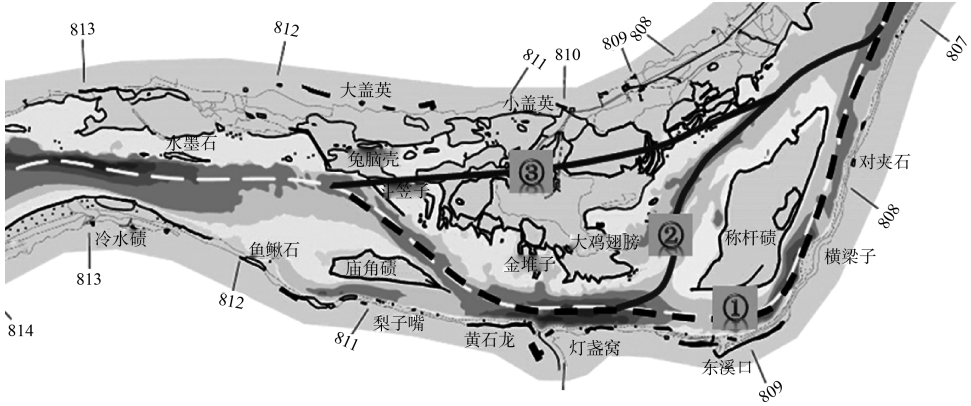


图 5 3 种整治方案路线

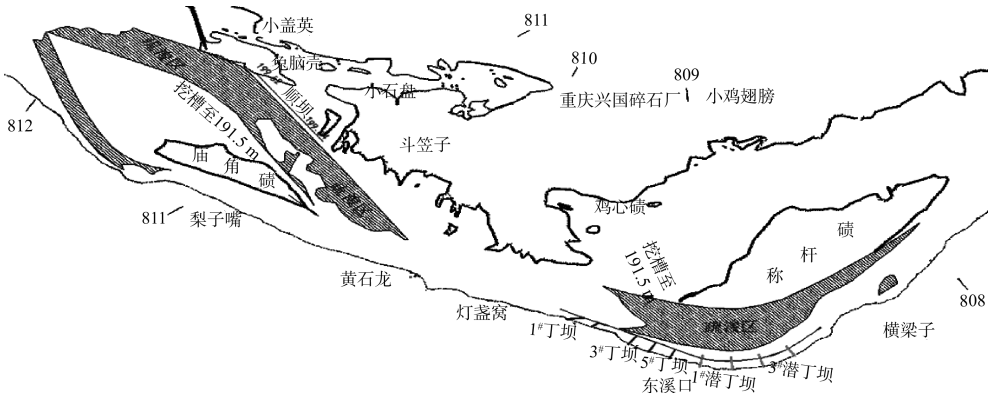


图 6 方案 1 布置

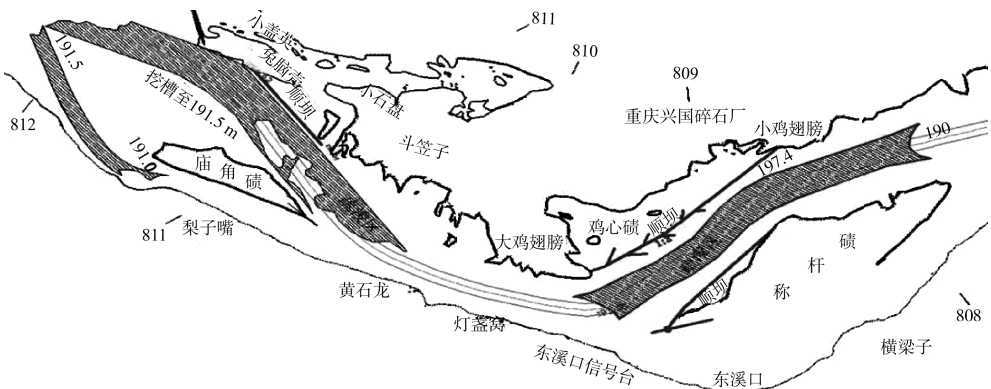


图 7 方案 2 布置

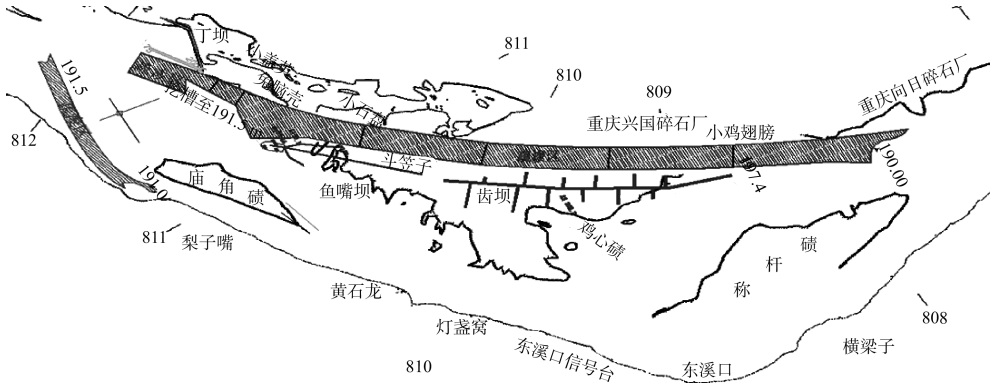


图8 方案3布置

### 2.2 船模试验组次

根据试验研究河段情况，船模试验采用的试验组次如表2所示，基本可以代表各种典型条件下通航情况。

表2 船模试验选取的试验工况

试验航段	试验方案	试验流量/(m <sup>3</sup> /s)
王背碛—斗笠子— 东溪口—秤杆碛尾	方案前	2 230(设计流量)
	方案1	6 530(整治流量)
	方案2	8 520(一般流量)
	方案3	12 100(常遇流量)

### 2.3 各航段航路航法

#### 1) 方案前航路航法。

船舶自秤杆碛尾抱秤杆碛翅一侧，取沿岸适当距离上行。近秤杆碛头取适度右舵向东溪口左岸一侧过河，然后紧沿庙角碛顺坝上行，近斗笠

子取适度左舵向左岸一侧过河，然后取沿岸适当距离沿斗笠子上行(图9)。

#### 2) 方案1航路航法。

方案1主要是在方案前基础上进行了疏浚挖槽和筑坝，基本仍沿用方案前的航路航行习惯，对航行条件特别是水流条件进行了一定程度的改善，航路航法的选取大致不变(图10)。

#### 3) 方案2航路航法。

方案2主要通过东溪口左侧开挖航槽改善航行条件，避开东溪口滩险。船舶在秤杆碛尾沿新开航槽上行，注意保持两侧适当距离，近挖槽入口处由于斜流存在，取适度右舵向右岸东溪口侧过河，然后沿庙角碛顺坝上行，近斗笠子取适度左舵向左岸一侧过河，然后取沿岸适当距离沿斗笠子上行(图11)。

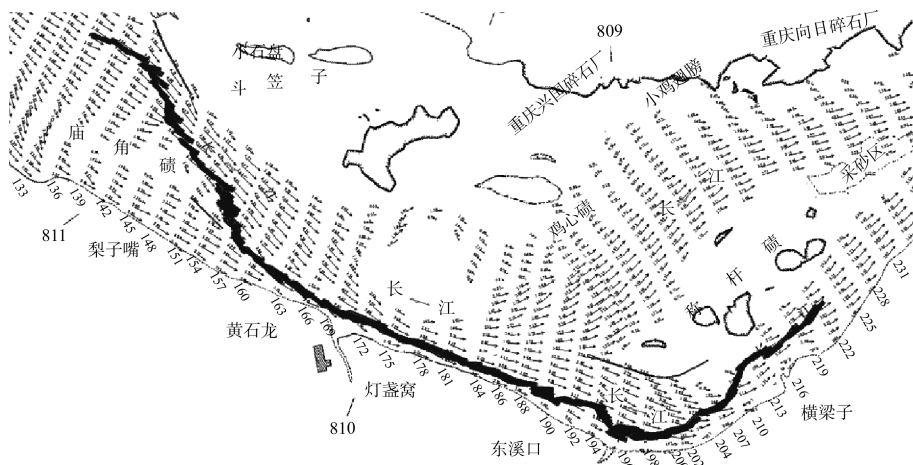


图9 方案前航路



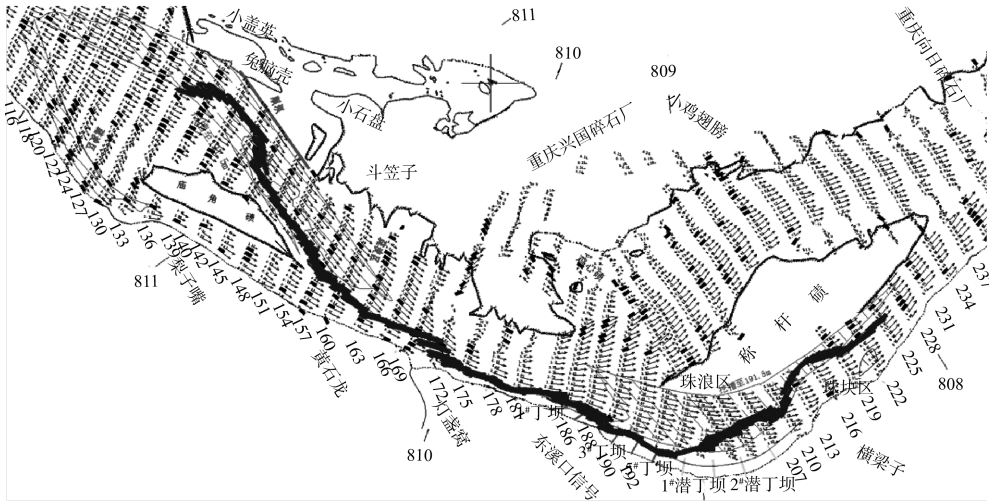


图 10 方案 1 航路

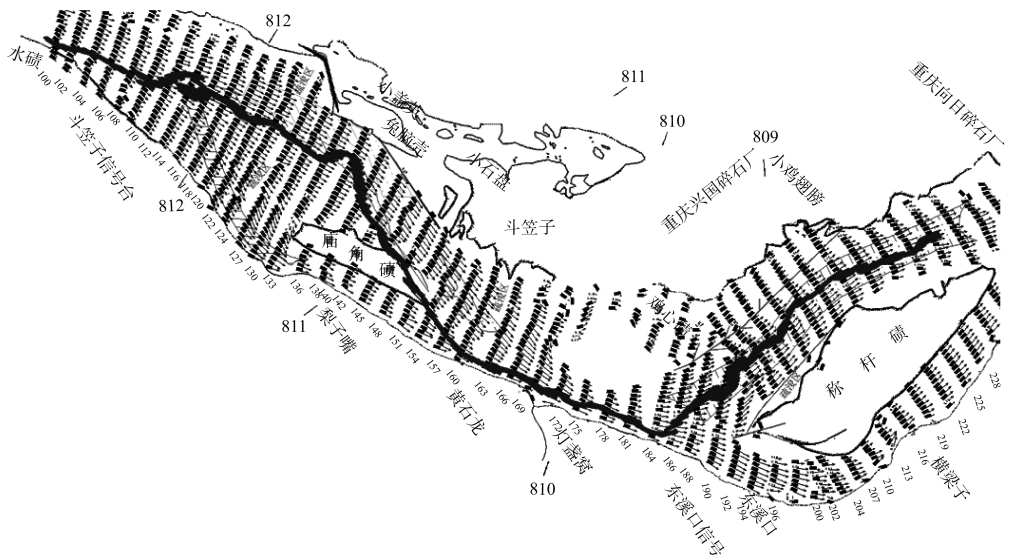


图 11 方案 2 航路

4) 方案 3 航路航法。

方案 3 主要采用在斗笠子、金钟坝上新开航槽连接斗笠子上游五墨水深槽和秤杆礁下游，从而避开东溪口和斗笠子两个连续滩险<sup>[7]</sup>。船舶在秤杆礁下游沿新开航槽上行，注意保持两侧适当距离，近挖槽入口处由于斜流存在，取适度右舵靠左岸近斗笠子一侧上行（图 12）。

3 船模试验成果分析

1) 方案前船模成果。

对于方案前，在流量 2 230 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为 -20°~22°，对岸航速 0.5~3.2 m/s；

流量 6 530 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为 -21°~23°，接近极限舵角，对岸航速 0.5~2.5 m/s。船舶在东溪口、斗笠子河段由于局部斜流、横流的影响，航行较为困难，对船舶安全航行有一定的影响。

2) 方案 1 船模成果。

对于方案 1，在流量 2 230 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为 -18°~20°，对岸航速 0.5~3.3 m/s；流量 6 530 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为 -20°~22°，对岸航速 0.5~2.8 m/s。船舶在东溪口、斗笠子河段仍存在一定斜流、横流的影响，航行条件较方案前有所改善。

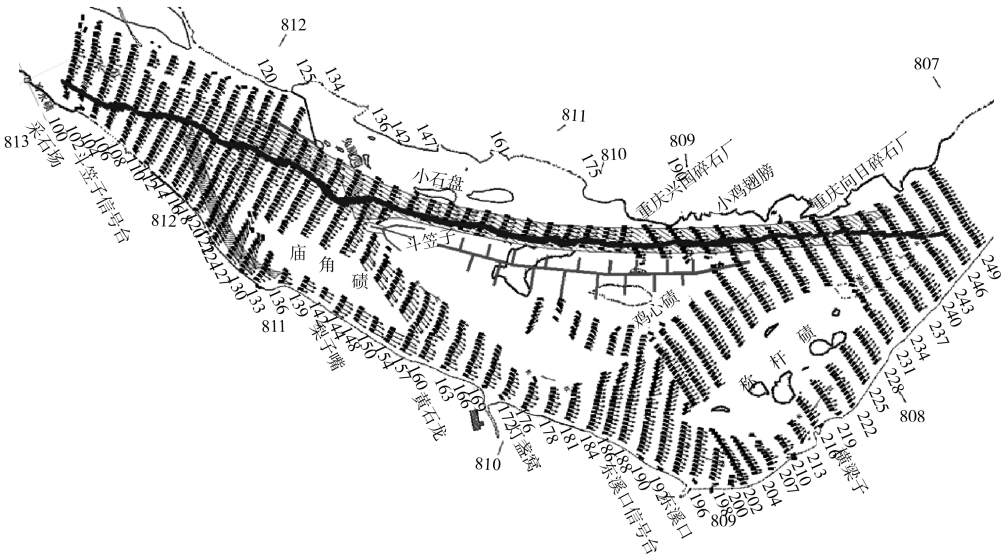


图 12 方案 3 航路

3) 方案 2 船模成果。

对于方案 2, 在流量 2 230 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为-15°~19°, 对岸航速 0.5~3.2 m/s; 在流量 6 530 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为-17°~20°, 对岸航速 0.5~3.1 m/s。船舶避开东溪口滩险, 航行条件得到一定程度改善, 但在挖槽入口河段和斗笠子河段仍存在一定斜流、横流的影响。

4) 方案 3 船模成果。

在流量 2 230 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为-14°~22°, 对岸航速 0.7~3.4 m/s; 在流量 6 530 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为-15°~22°, 对岸航速 0.6~2.7 m/s; 在流量 8 520 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为-20°~21°, 对岸航速 0.62~2.78 m/s; 在流量 12 100 m<sup>3</sup>/s 情况下船舶上行舵角为-18°~21°, 对岸航速 0.57~2.3 m/s。在各级流量情况下, 航行操舵和航行姿态均较好。

4 方案比选

分析船模航行试验成果, 可得出下列结论:

1) 在各整治方案情况下, 从船舶操纵情况分析, 整治流量比设计流量的航行条件略差。随着流量的增加, 流速也相应加大, 航行难度也随之增大。

2) 方案 2 较方案 1 和 3 王背碛段船舶航行条件和操纵性要好; 斗笠子段方案 1 较方案 2 略好;

东溪口段, 方案 2 较方案 1 航行条件和操纵性有进一步改善, 但在挖槽口门区存在一定程度的斜流作用, 仍应注意船舶的操舵控制。

3) 方案 3 航路线形较方案 1 和方案 2 为好, 航行条件特别是水流流速条件有明显改善, 在整个研究河段船舶自航上滩均不存在太大难度, 但要注意控制好船舶航向和舵角。

综合考虑后, 可选用方案 3 作为工程方案, 同时在方案 3 的航迹上应配有相应的航标设施。

5 结语

1) 东溪口水道目前存在的问题是受上游斗笠子急滩和下游东溪口浅险滩 2 个连续滩险的影响, 航行条件较差, 制约着沿江区域经济的发展, 亟需对其进行航道整治<sup>[8]</sup>。

2) 针对东溪口水道存在的问题, 统计分析各方案在不同流量下船舶的上行舵角、对岸流速、操纵性及航行姿态, 最终比选出方案 3 为工程方案。

3) 船模试验不仅能客观真实地反映在不同航道边界条件和水流条件下船舶的运动轨迹及航行情况, 而且为实际原型船舶的航行轨迹作出参考, 反映出各个整治方案的优劣。与其他常规水工模型量测技术相比更具有优势, 是检测方案整治效果的一种科学有效的手段, 在工程应用方面值得推广。  
(下转第 82 页)