

长江下游东流水道近期航道演变及维护对策

雷国平^{1,2}

(1. 长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011; 2. 国家内河航道整治工程技术研究中心, 湖北 武汉 430011)

摘要: 东流水道为长江下游典型的多分汊顺直河段, 汊道交替、变化复杂, 时有碍航情况发生, 是长江下游重点碍航水道, 也是长江“黄金航道”尺度提升的瓶颈河段。尤其近些年, 在经历了西港淤堵、航道调整以及二期整治工程实施后, 东流水道演变出现了新变化与新趋势。结合东流水道最新实测资料, 分析其演变特点及碍航特性, 揭示汊道变化的影响因素, 并建立二维水沙数学模型, 预测未来东流水道的演变趋势。在此基础上, 提出主要维护对策及措施, 为同类水道的航道维护与整治提供参考。

关键词: 东流水道; 航道整治; 演变分析; 对策建议

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)11-0128-06

Recent evolution and countermeasures for Dongliu waterway in lower reach of the Yangtze River

LEI Guo-ping^{1,2}

(1. Changjiang Waterway Planning Design and Research Institute, Wuhan 430011, China;

2. National Engineering Research Center for Inland Waterway Regulation, Wuhan 430011, China)

Abstract: Dongliu waterway is the typical multi-branch straight reach in the lower reach of the Yangtze River. It is the key navigation-obstruction waterway in the lower reach of the Yangtze River and the bottleneck of navigation improvement in the Yangtze “Golden Waterway”. Recently, experiencing the “west channel clogging, waterway adjustment and implementing the second phase of the regulation project, Dongliu waterway’s evolution appears new changes and new trends. According to the latest measured data, this study analyzes the evolution characteristics and navigation obstructing characteristics, reveals the influential factors of channel change, establishes two dimensional mathematical model of water and sediment, and predicts the evolution trend of Dongliu waterway in the future. Based on that, the study proposes the main maintenance countermeasures and suggestions, which provides reference for the waterway maintenance and waterway regulation of the same kind.

Keywords: Dongliu waterway; waterway regulation; evolution analysis; countermeasures and suggestions

1 东流水道概况

东流水道位于长江下游九江—安庆之间, 上起华阳河口, 下迄吉阳矶, 全长 31 km, 属顺直分汊河型(图 1), 东流水道受单侧节点控制, 呈连续藕节状分布。水流通过牌石矶进入放宽段, 泥沙落淤形成沙洲, 由于放宽有限, 所成老虎滩和天沙洲狭长低矮; 稠林矶向下河道再次放宽, 出

现本水道江面最宽处, 河道内分布有相对高大的玉带洲和棉花洲。上、下滩群形成了东流水道的多分汊格局, 各汊道间的变化与发展具有较强的关联性。东流水道由于主流不稳定, 航道被迫改槽, 历史上莲花洲港、西港和东港均作为航道使用过, 给船舶航行及航道管理带来诸多不便, 成为长江下游重点碍航水道。历史航道维护实践表

收稿日期: 2016-04-01

作者简介: 雷国平 (1977—), 男, 高级工程师, 从事航道工程设计和研究工作。

明：东流水道各汉道变化与发展具有较强的关联性，西港在汉道演变过程中有主导作用，西港与莲花洲港交替变化，当西港发展时，莲花洲港衰退；当西港出现淤积衰退时，为莲花洲港发展提

供条件，各汉道的兴衰交替，往往导致航道条件处于十分恶劣的状态。因此，保持西港畅通，有利于各汉道的稳定与航道条件的畅通^[1-2]。

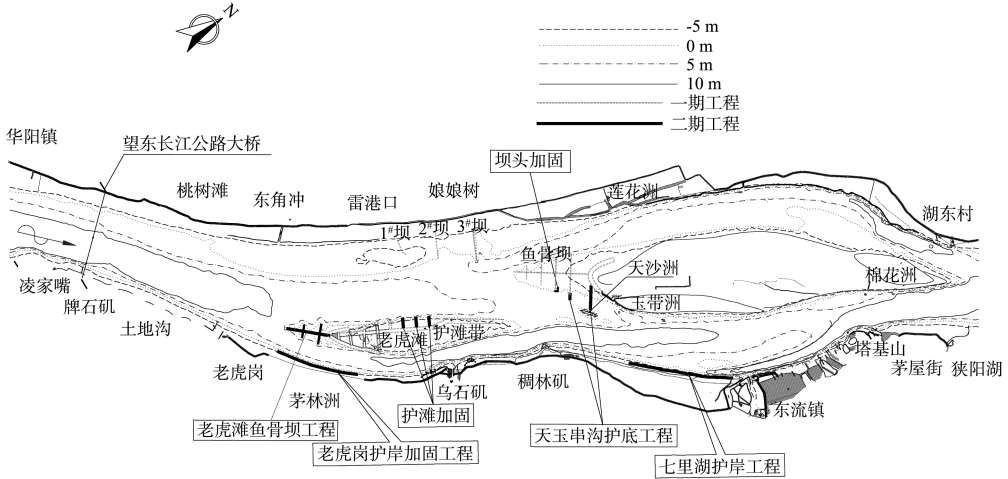


图 1 2016 年 3 月东流水道河势

东流水道航道于 2003 年实施整治一期工程，由老虎滩守护工程、左岸丁坝群工程及玉带洲头鱼骨坝工程组成。工程实施后，莲花洲港的发展得到遏制，基本稳定西港过渡段的平面位置，形成航道条件良好的跨河槽^[4]。但 2009 年以来东港快速发展，西港航道条件急剧恶化，航道维护困难，于 2012 年开始实施二期工程，由老虎滩鱼骨坝工程、老虎岗护岸加固工程、老虎滩护滩加固工程、天玉串沟护底工程和七里湖护岸工程组成。二期整治工程实施期间，老虎滩左缘淤积体进入西港，西港通航条件十分严峻，其航道演变进程为各界所关注。

此后，西港转为冲刷状态，2015 年，冲刷主要集中在西港出口；根据最新测图(2016 年 3 月)，老虎滩尾的持续冲刷，西港深槽向下发展(图 2)。

2 近期演变分析

1) 总体冲淤幅度较小，但局部冲刷变化明显，东港分流比有所下降。

近年来，东流水道河势稳定，总体冲淤幅度并不明显，但局部冲刷变化较大。2013 年汛后退水较快、冲刷减弱，淤积体进入后西港下移缓慢，造成西港淤积；加之长江水位持续较低，西港水深不足，出浅碍航。2014 年老虎滩左汉的冲刷幅度和范围均有增加，汛后老虎滩淤积体下移至老虎滩尾，天沙洲与老虎滩连接，西港呈持续淤积态势。

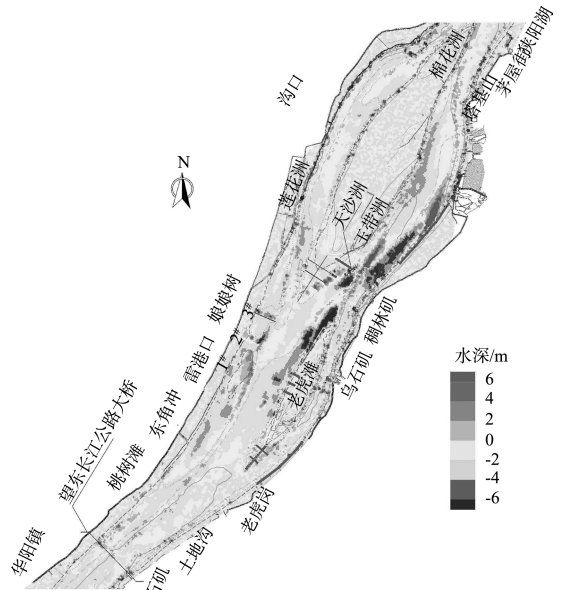


图 2 东流水道近期冲淤情况

西港的持续冲刷也表现在东港、西港分流比的转变。2015 年 2 月东港分流比出现近年来的首次下降(下降幅度 3.1%)，到 2016 年 3 月，东港分流比为 37%，较去年同期下降了近 10%，莲花洲港分流比维持稳定，天玉串沟的分流作用减弱，

进入西港的流量明显增加(图3)。

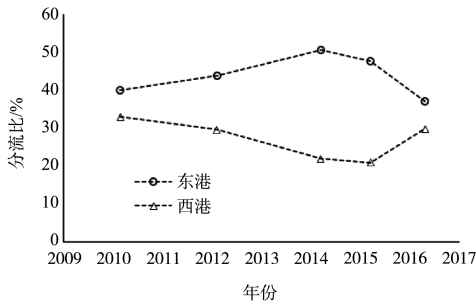


图3 东港、西港分流比变化

2) 左岸边滩缓慢下移, 老虎滩冲刷明显。

东流水道左岸边滩在华阳河口—桃树滩一带生成、下移, 在桃树滩与雷港口附近生成、发育, 受冲刷、侵蚀后, 进一步下移的周期变化, 呈现出顺直河道的基本特性。2010年左岸边滩在雷港口快速发育后, 形成较大滩体, 产生自北向南跨越老虎滩头的斜向水流, 导致滩头冲刷, 东港进流增加。左岸边滩下移缓慢, 头尾部局部冲刷幅度较大, 目前下移至左岸丁坝群附近(图4)。

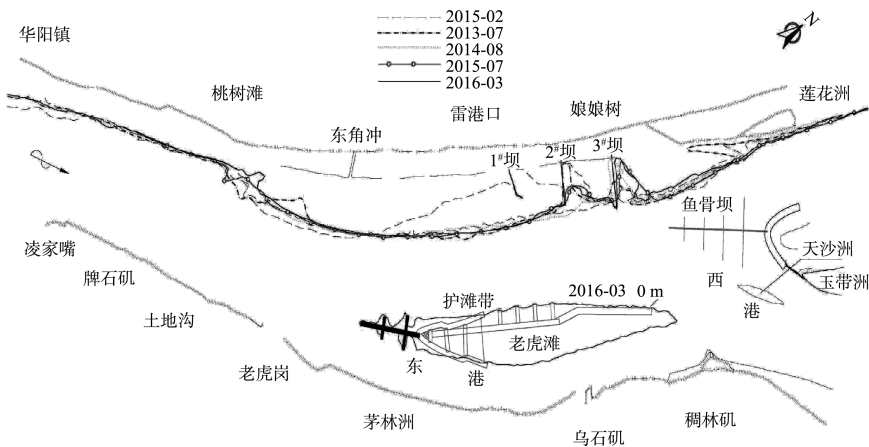


图4 左岸边滩 0 m 线变化

老虎滩滩头冲刷, 左缘淤积体快速下移, 2013年下移至老虎滩尾, 2014年完全进入西港, 致使老虎滩尾与天沙洲相连。2014年老虎滩头鱼骨坝工程施工完成, 滩头受工程保护, 保持稳定;

老虎滩尾则处于持续冲刷状态中。2014年老虎滩尾0m线断开约500m左右; 2015年老虎滩尾0m线再度下延450m; 到2016月3月老虎滩尾冲刷上提520m(图5)。

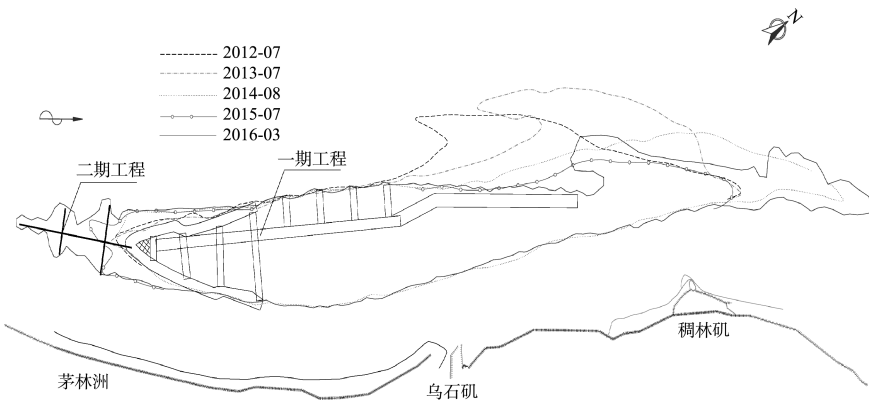


图5 老虎滩基面下 2 m 线变化

3) 东港、莲花洲港保持稳定, 老虎滩左汊、西港深槽冲刷发展。

东港曾作为航道使用, 但常年为支汊, 21世纪初一直处于缓慢淤积状态, 进口窄浅, 口门处存在浅包, 接近于航行基面, 一期整治工程未对东港进行控制。地勘资料显示, 东港进口河床抗

冲性较好, 在达到一定下切深度后, 冲刷速度放缓。断面变化显示, 东港进口并未继续冲刷发展。

莲花洲港在 20 世纪一直与西港交替成为主汊, 一期整治工程实施后, 莲花洲港的发展得到了有效控制。近些年来莲花洲港进口断面无明显变化, 中枯水期分流比也保持稳定。

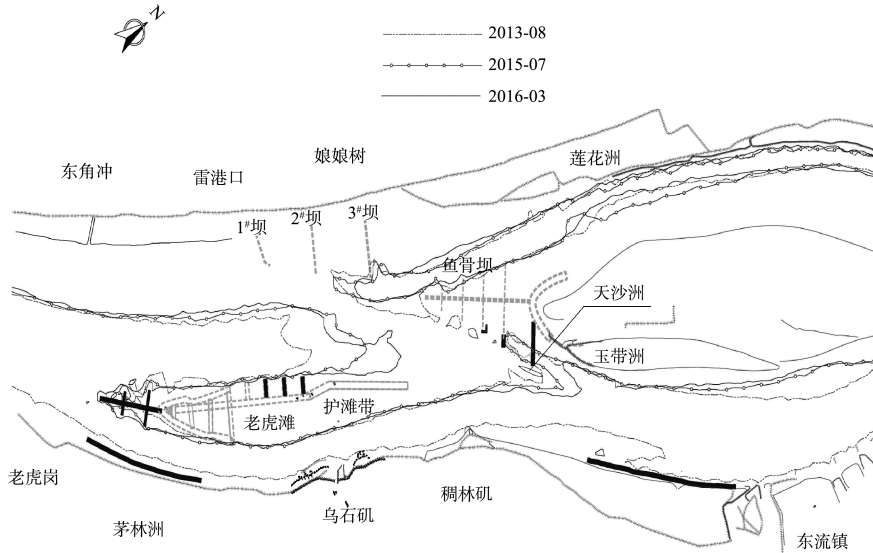


图 6 4.5 m 航槽变化

西港作为连接上下深槽的过渡段, 位于上下游滩群之间, 洲滩不稳定的周期性变化使西港经历了多次由兴转衰的过程, 2014 年老虎滩左缘淤积体下移, 完全占据了西港航槽。2015 年水流自上深槽靠老虎滩下行, 冲刷老虎滩尾, 原来基面上 5 m 的滩体被冲刷至基面下 2~3 m; 淤积体移至西港出口后, 淤积体局部冲刷幅度在 7~8 m。天玉窰沟汛期冲刷, 汛后回淤, 年际变化不大。

3 主要碍航问题

西港浅区冲刷缓慢, 当遭遇水情较枯年份, 航宽不足, 容易出浅碍航。2013 年汛后退水较快, 水位较上一年同期下降近 3.5 m, 西港通航条件严峻。2013 年 8 月—2014 年 1 月先后有“航浚 8”、“航浚 16”和“长狮 6”等疏浚船舶在西港维护, 确保西港畅通^[3]。

4 演变趋势预测

左岸边滩一直维持高大滩体, 水流偏向老虎

老虎滩左汊宽浅、主槽淤积, 2010 年汛后, 与过渡段下深槽断开(基面下 5 m)。随着左岸边滩的下移, 枯水期水流集中在老虎滩左侧航槽, 形成冲刷。2015 年后老虎滩左汊深槽自上向下的冲刷速度加快, 最大冲刷位置逐步下移, 冲刷幅度 3.0~7.0 m。4.5 m 深槽槽口指向西港, 下延明显, 达 920 m(图 6)。

滩左缘, 上深槽自上而下冲刷发展; 受鱼骨坝工程遮护作用老虎滩头稳定, 近期老虎滩左缘新的淤积体难以再次生成; 刺坝对东港的限制作用, 使枯水期西港流量继续增加。因此, 西港会保持冲刷趋势。2015 年汛后, 安庆水位较高, 并且出现水位不同下降阶段, 对应西港不同的冲刷时间, 因此西港未来的冲刷进程, 受来水条件影响也会较为明显。

采用二维水沙数学模型预测东流水道航道条件。

1) 模型验证。

数学模型基于高性能有限体积格式^[5], 采用非结构三角网格, 共布置了 20 430 个三角单元, 用 2009 年 11 月、2010 年 4 月和 2013 年 10 月的水文测次进行了定床验证, 进行了 2 个组次的动床验证: ①以 2010 年 11 月地形测次为起算地形, 2012 年 1 月地形测次为验证地形; ②以 2012 年 1 月地形测次为起算地形, 2012 年 9 月地形测次为验证地形。

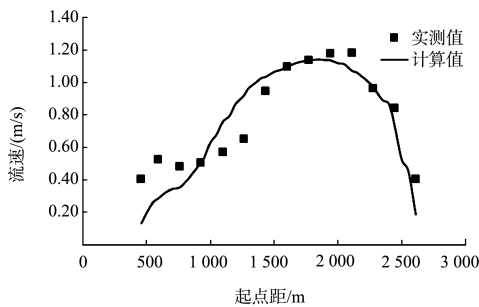
表1为2013年10月计算水位与实测水位的对比, 差值均在0.05 m范围内, 符合模型验证要求; 表2为分流比对比, 差值均在1%范围内, 符合要求; 图7为2010年4月Z1#、2#、4#和5#断面的流速对比计算流速与实测值基本一致, 满足要求; 图8为2012年1月—9月计算冲淤与实测冲淤对比, 冲淤趋势与实测基本相符, 满足要求。

表1 2013年10月计算水位与实测值对比 m

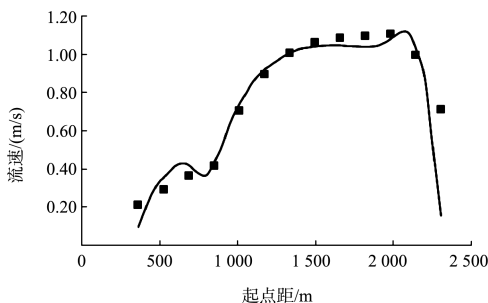
水尺号	实测水位	计算水位	差值
Z1#L	8.839	8.799	-0.040
2#L	8.739	8.709	-0.030
3#L	8.725	8.678	-0.047
4#L	8.521	8.552	0.031
Z4#L	8.471	8.471	0.000
Z5#L	8.480	8.459	-0.021

表2 分流比对比

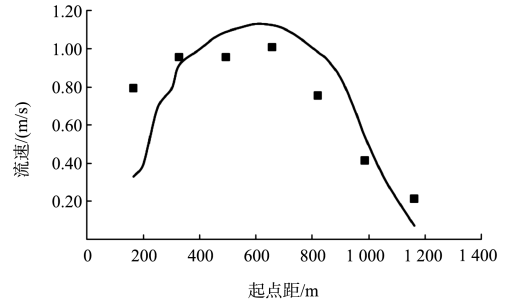
日期	流量/(m ³ /s)	位置	分流比/%		
			实测	计算	差值
2009-11	14 200	莲花洲港	27.92	27.97	0.05
		天玉串沟与西港	38.03	37.86	-0.17
		东港	34.05	34.16	0.11
2013-10	23 476	莲花洲港	31.91	32.07	0.17
		天玉串沟	15.27	14.56	-0.71
		西港	9.71	10.40	0.69
		东港	43.12	42.97	-0.15



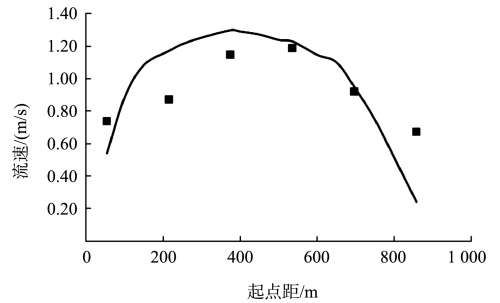
a) Z1#



b) 2#

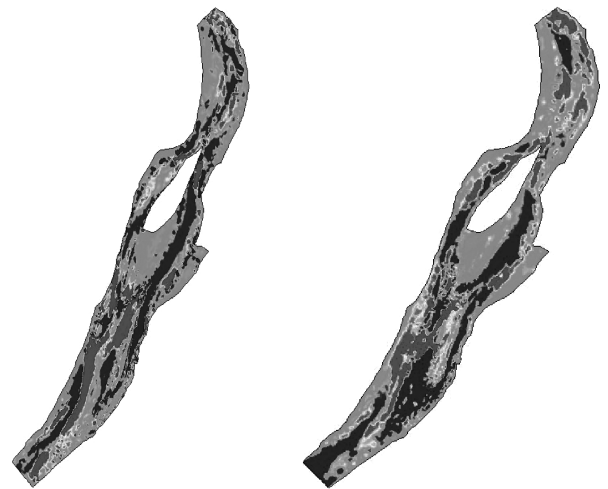


c) 4#



d) Z5#

图7 2010年4月断面流速验证



a) 实测

b) 计算

图8 冲淤计算值和实测值对比

根据验证结果可以得出, 模型计算结果与实测水位、流速基本一致, 冲淤趋势与实测冲淤基本相符, 模型能较好地模拟东流水道的演变。

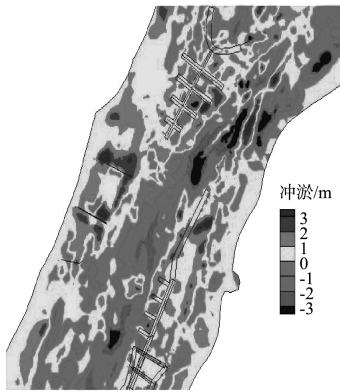
2) 趋势预测。

以2016年3月地形为起算地形, 选取丰水年(2010年)和枯水年(2013年)作为水沙条件, 计算工况如表3所示。计算结果见图9和10。

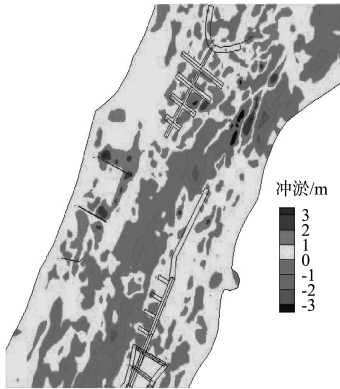
表 3 计算工况

工况	计算时间/月	水沙条件
1	9	2010 年水沙
2	9	2013 年水沙

图 9 为不同水沙条件下未来(2016 年 3 月—12 月)预测地形冲淤图, 根据冲淤变化可以判断出西港变化趋势。在 2010 年水沙条件下, 冲刷强度较 2013 年水沙条件大, 前者冲刷幅度为 1.5~3.5 m, 后者冲刷幅度在 0.5~2.5 m。因此, 可预计西港在未来时期内仍呈冲刷趋势。



a) 2010年水沙条件



b) 2013年水沙条件

图 9 冲淤预测

5 维护对策建议

加强整治建筑物维修, 保障整治工程预期效果。高滩是航道的重要边界, 东流水道二期工程的设计就是基于老虎滩的高大完整。受左岸边滩的变化影响, 一期整治工程老虎滩护滩带局部冲刷严重, 降低了防护效果。因此, 建议对老虎滩一期工程的老虎滩中上段护滩带进行全面维修加固, 拦挡枯水期部分越滩水流, 进一步维护老虎

滩高大完整, 确保洲头鱼骨坝拦截的横向水流能够进入西港。

辅以疏浚手段, 配合整治工程加速演变进程。东流水道二期整治工程在研究阶段就明确提出, 整治工程设计将充分利用河道自然演变规律, 改善航道条件、达到整治目标, 整治工程实施后一段时期内, 通航条件仍会较为困难^[6], 目前正处于老虎滩左缘淤积体下移进入西港阶段, 所以西港通航条件严峻, 在自然演变情况下淤积体完全通过西港还需要一段时间, 建议水流冲刷条件, 加大维护疏浚力度, 加速淤积体在西港的下移过程, 促使西港航道条件早日满足通航要求。

6 结论

1) 通过对近期东流水道航道演变的分析及对趋势的数模计算, 表明西港正在冲刷发展, 航道条件好转, 航道整治工程的效果逐渐体现。

2) 对已建航道整治建筑物加强维修加固是保证整治工程长期发展作用的基础。

3) 东流水道航道整治工程经验和教训表明: 对于东流水道这样的顺直多分汊河道, 顺应河流自然演变规律、合理把控整治工程力度是必要可行的, 同时由于顺直河道边滩平行下移的固有规律不会因为实施了整治工程而消失, 因此制定相应的航道维护预案也是必要的。

参考文献:

- [1] 李文全, 涂新民, 杨祖欣, 等. 长江下游东流水道河床演变特征分析及航道整治[J]. 水运工程, 2011(10): 83-88.
- [2] 熊小元. 长江中下游东流水道河床演变特性及趋势预测[J]. 水运工程, 2014(4): 125-132.
- [3] 李青云, 谭伦武, 张明进. 长江下游东流水道航道整治经验总结[J]. 水口航道, 2007, 28(3): 169-172.
- [4] 束梁. 长江东流水道疏浚措施与通航条件分析[J]. 中国水运, 2014, 14(10): 254-256.
- [5] 岳志远, 曹志先, 李有为, 等. 基于非结构网格的非恒定浅水二维有限体积数学模型研究[J]. 水动力学研究与进展: A 辑, 2011, 26(3): 359-367.
- [6] 雷国平. 长江下游东流水道航道整治二期工程可行性研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2012.