



新水沙条件下荆南四河松西河航道治理思路

李强¹, 郭敏¹, 郭小虎²

(1. 湖北省交通规划设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430051;

2. 长江科学院, 湖北 武汉 430019)

摘要: 三峡建库后, 长江中下游来水来沙条件改变, 由长江入洞庭湖的荆南四河水文泥沙边界条件随之变化, 三口流量较建库前减少23%, 分沙量减少88.8%, 三口河道总体由冲淤平衡转为冲刷, 其中松西河冲刷占比47%, 中水位下松西河河道持续展宽, 部分分汊、弯道及过渡河段冲刷较为剧烈, 深泓摆动幅度较大, 因滩槽不稳而碍航。针对长江-洞庭湖江湖关系变化带来的航道问题, 在三峡建库后新的水沙条件及演化过程研究的基础上, 对碍航特性、河床演变特性及趋势进行分析, 提出松西河航道以疏浚和边滩守护为主, 固滩稳槽、分段实施的治理思路, 以典型的裴家场河段为例制定工程方案, 并开展模型试验研究, 对治理思路和方案效果进行验证。研究成果旨在为类似河湖连通长河段的航道治理提供借鉴。

关键词: 松西河; 水沙变化; 航道条件; 治理思路

中图分类号: U61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)10-0137-07

Approach to channel management of Songxi River of four rivers in south of Jingjiang River under new water and sediment condition

LI Qiang¹, GUO Ming¹, GUO Xiaohu²

(1. Hubei Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Wuhan 430051, China;

2. Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430019, China)

Abstract: After the construction of the Three Gorges Reservoir, the water and sediment conditions in the middle and lower reaches of the Yangtze River have changed. The hydrological and sediment boundary conditions of the four rivers in the south of Jingjiang River from the Yangtze River to Dongting Lake have changed accordingly. The three outlets have decreased by 23% compared with before the construction of the reservoir, and the sediment distribution has decreased by 88.8%. The three channels have generally changed from erosion and deposition balance to erosion, of which the Songxi River erosion accounts for 47%. The Songxi River channel continues to widen under the medium water level. The erosion of some branches, bends and transitional reaches is more intense, and the thalweg swings greatly, which hinders navigation due to the instability of the beach and trough. Aiming at the channel problems caused by the change of the relationship between the Yangtze River and Dongting Lake, based on the study of the new water and sediment conditions and evolution process after the construction of the Three Gorges Reservoir, the characteristics and trends of navigation obstruction and riverbed evolution are analyzed. The Songxi River channel is mainly based on dredging and beach protection, and the beach stabilization and channel stabilization are carried out in sections. Taking the typical Peijiachang reach as an example, the engineering scheme is formulated, and the model test is carried out to verify the treatment idea and scheme effect. The research results aim to provide reference for the channel management of similar rivers and lakes.

Keywords: Songxi River; water and sediment change; channel condition; governance approach

收稿日期: 2024-01-03

作者简介: 李强 (1981—), 男, 高级工程师, 从事航道规划设计工作。

荆南四河位于长江中游荆江河段南岸，主要包括松西河、松东河、虎渡河、藕池河等 4 条较大河流，荆江三口(松滋口、太平口、藕池口)为四河的进水口门(原为四口，其中调弦口于 1958

年冬建闸封堵)。荆江三口分泄长江水沙进入洞庭湖，与湘、资、沅、澧四水的水沙汇合经洞庭湖调蓄后，于城陵矶重新汇入长江，形成比较复杂的江湖关系。荆江与洞庭湖关系见图 1。

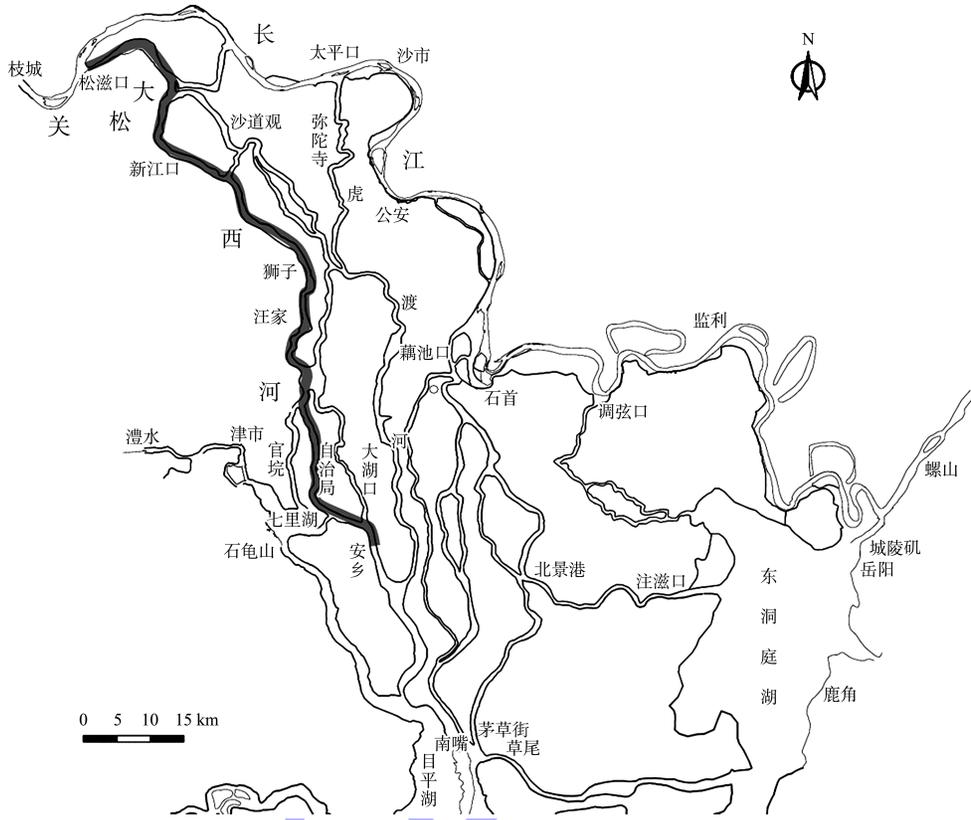


图 1 荆江与洞庭湖关系

松西河是荆江三口之首，其分流量为三口中最大，曾是川、鄂、湘之间的重要航运线，洪水期既可避荆江“九曲回肠”崩岸之险，又可缩短航程数十公里。三峡建库前，松滋口分流含沙量较大，松西河河床不断抬高，冬春季几乎断流。三峡建库后，径流过程较天然显著变化，枢纽下泄水流含沙量锐减，清水下泄引起了长江中下游河道发生长距离、长历时的河床冲刷调整^[1]。新的水沙条件下，松滋口分流分沙已发生较大变化，将进一步影响松西河河道冲淤演变和航道条件。由于松西河在荆南四河中河道条件相对较好，已作为“汉湘桂通道”纳入了国家高等级航道规划，目前松西河尚未开展过航道整治及大规模的综合治理。本文通过分析三峡建库后的水沙变化、松西河河演及变化趋势，结合模型试验，提出新水

沙条件下松西河航道的治理思路与工程方案，并预测工程实施后的效果，旨在为类似河湖连通长河段的航道治理提供借鉴经验。

1 河道及航道概况

松西河是由长江分流入洞庭湖的洪道，长江汛期流量约八分之一通过松西河南下直泄洞庭湖。松西河自松滋口，经老城镇由北向南至大口，大口处有一分支松东河，过大口后松西河蜿蜒南流，在公安县南平镇杨家垱入湖南省澧县境，然后主流经自治局河、小望角、于安乡进入松虎洪道，河道全长约 150 km。松西河流域地势北高南低，河道平面形态总体平顺，河床宽窄不一，干流进口处宽约 650 m，大口处两岸间距达 1 200 m，苏支河口以下河段两岸堤距最小缩至 250 m，河床质

以细砂为主。

因长江主泓北移, 松西河河口淤塞, 河床抬高, 由于航道长年未进行维护, 马峪口、大口、裴家场、狮子口等地碍航较严重, 常年出浅滩长达 85.9 km, 航道条件较差, 现状为季节性通航的 VI 级航道^[2]。每年 11 月—次年 3 月枯水季节, 长江进口最小流量不足 70 m³/s, 河床宽浅, 通航水深不足。进入 5 月后, 随着进口流量逐步加大, 通航条件得到一定改善, 中高水期可航行 300~500 吨级船舶。

2 三峡建库后水沙条件变化

2.1 三口分流分沙继续减少, 分沙比略有增加

三峡水库 2003 年运用以来三口分流分沙量继续减少。2003—2018 年, 三口年平均分流量 481.5 亿 m³, 较 1990—2002 年均值减少 143.8 亿 m³, 减少幅度约为 23%; 相应的分流比也由 1990—2002 年的 14.5% 降至 2003—2018 年的 11.5%。

2003—2018 年三口年平均输沙量 866 万 t, 较 1990—2002 年均值相比减少 6 867 万 t, 减少幅度约为 88.8%。分沙比略有增加, 由 1990—2002 年

的 18.8% 增至 2003—2018 年的 20%^[3]。三峡水库运用前后, 三口分流分沙对比见表 1。三峡下泄 6 000~8 000 m³/s 流量级下, 2011 年以来松滋口分流呈现略有增加的趋势。

表 1 三峡水库运用前后三口分流分沙变化对比

河段	径流量/亿 m ³		沙量/万 t		
	1990—2002 年	2003—2018 年	1990—2002 年	2003—2018 年	
枝城	4 320.0	4 188.0	41 199	4 329	
松滋口	新江口	277.7	240.8	2 828	360
	沙道观	67.2	52.9	943	107
太平口	弥陀寺	125.6	82.3	1 377	119
藕池口	康家岗	8.7	3.6	123	11
	管家铺	146.1	101.8	2 463	269
三口合计	625.3	481.5	7 733	866	

2.2 三河断流期延长

三峡建库前, 三口五站除新江口站(松西河)不断流外, 其余各站年内均出现断流, 且断流时间提前, 断流天数增加^[4]; 三峡水库蓄水运行后, 虎渡河和藕池河东支年断流天数有所减少, 其中虎渡河断流时间 137 d, 藕池河西支断流时间达 272 d, 见图 2。

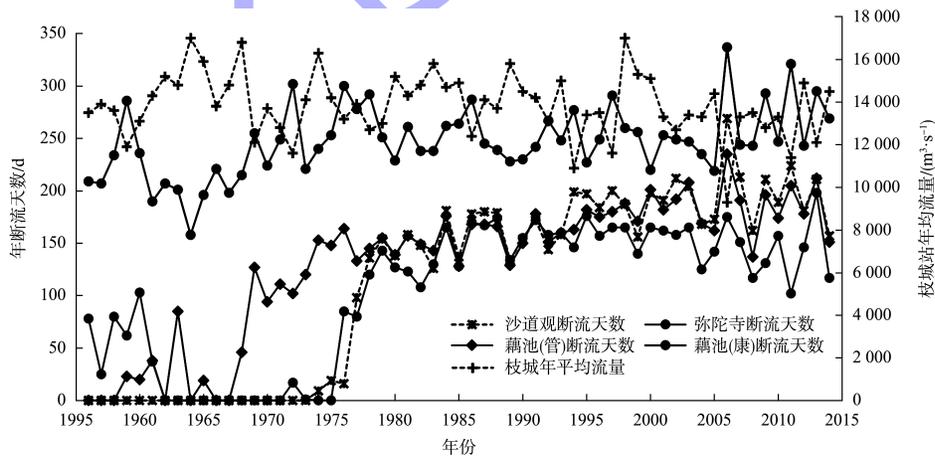


图 2 三口各控制站年断流天数历年变化

2.3 三口河道总体转为冲刷

三峡水库运用以来, 三口河道转为总体冲刷^[5]。1990—2003 年, 三口洪道枯水位以下河床冲淤基本平衡, 泥沙淤积主要集中在中、高水河床, 总淤积量为 0.46 亿 m³, 其中以藕池河淤积量

最大。2003—2018 年三口河道总冲刷量为 0.75 亿 m³, 其中松西河冲刷量 0.35 亿 m³, 占比 47%; 虎渡河冲刷 0.15 亿 m³, 占比 20%; 松虎洪道冲刷 0.07 亿 m³, 占比 10%; 藕池河冲刷 0.18 亿 m³, 占比 23%。

3 河床演变及趋势

3.1 进口长江河段

三峡水库蓄水后，坝下游河段发生了自上而下的剧烈冲刷。枝城—昌门溪区间河床冲刷在2014年前较为剧烈；2014年后，随着宜昌—昌门溪河段航道整治一期工程的实施，枝城—昌门溪区段内冲刷显著趋缓，芦家河坝基本处于稳定且小幅回淤的态势，松西河进口区域航道条件显著改善，3.5 m等深线持续扩宽，能够达到200 m以上^[6]。

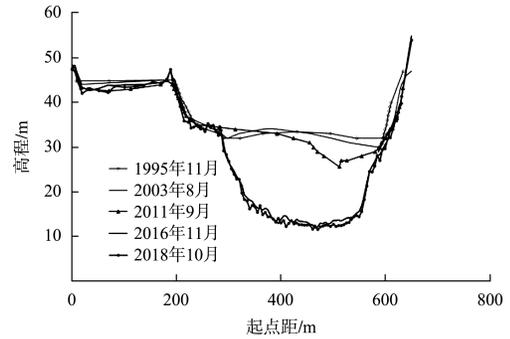
虽然目前宜昌—枝城河段总体冲刷强度趋缓，但在较长一段时期内，河床冲刷仍将持续存在，且一旦遇大洪水年份，冲刷强度仍可能较大。同时，将不可避免带来沿程水位的逐渐下降，未来随着枯水同流量下水位的持续下降，三峡工程的枯水调度压力也将持续增大^[7]。

3.2 松西河

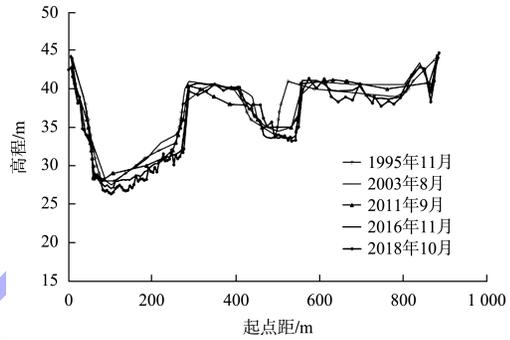
松西河左右两岸筑有大堤，人工控制程度较高，部分水流顶冲部位建有护岸，限制了河床的横向发展。河道断面形态多为U形或不规则的W形。三峡水库蓄水后，断面深槽冲刷下切，尤其是进口段受到采砂的影响，在2011—2016年时段大幅下切，见图3a)。下段断面2016—2018年纵向冲深幅度较小，主要表现为近岸向两边扩展，见图3b)。

研究河段岸线基本稳定，中水位下河道展宽见图4，河道平均展宽78 m，大多数断面河相系数呈减小的趋势(图5)，平均减小1.39。部分分汊、弯道及过渡河段冲刷较为激烈，深泓摆动幅度较大，滩槽易位。

研究河段河床以冲刷为主，沿程平均下切深度约1.1 m，进口河段河床变化较大(图6)，大口及以下河段冲刷强度明显降低。



a) 进口段



b) 下段

图3 横断面叠合

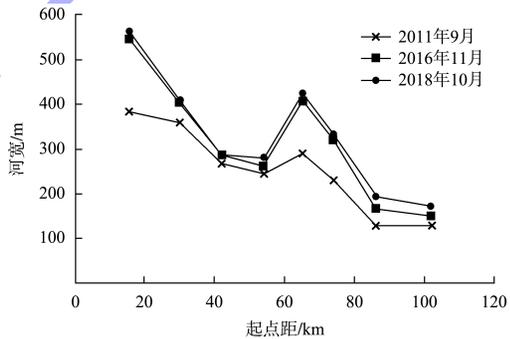


图4 河段沿程河宽变化

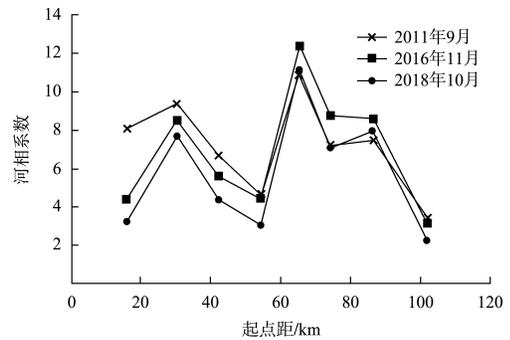


图5 河段沿程河相系数变化

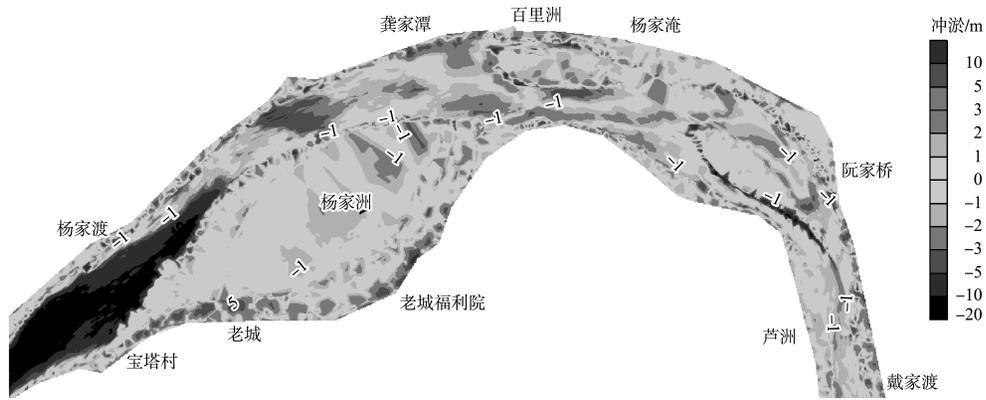


图 6 松西河进口段冲淤变化

三峡及上游水库蓄水运用后, 随着长江干流河床冲刷发展, 以及三口口门水位降低, 进入三口河道的水沙有所减少。根据相关研究成果, 三峡及上游水库蓄水运用 50 a 内, 松西河呈单向冲刷趋势, 冲刷速率呈先加快再逐渐减缓的趋势^[8]。

4 治理思路及工程方案

4.1 治理思路

松西河以细砂为主的河床质可动性较强, 部分河段边滩冲刷较为激烈、深泓摆动幅度较大。在砂质河床采取单一的疏浚措施难以维持航槽的稳定。由于松西河处于荆江—洞庭湖区域的防洪地带, 大规模、高强度的整治较难实现。结合新的水沙变化特点及河床演变趋势, 考虑松西河航道治理以疏浚和边滩守护为主, 固滩稳槽, 提高航道标准。

考虑到松西河苏支河口以上河段河床宽浅, 而苏支河口以下河道明显缩窄, 宜根据长河段的不同河道特性, 分段采取不同的工程措施进行系统整治。1) 对于苏支河口以上 73 km 宽浅河段,

在疏浚措施的基础上辅以护滩、护岸等整治措施, 维持中枯水河势和航槽稳定; 2) 对于苏支河口以下河段主要采取疏浚措施, 提升航道尺度。通过一系列工程的实施使松西河航道尺寸达 2.4 m × 60 m × 480 m (水深 × 航宽 × 弯曲半径), 实现Ⅲ级航道规划目标。

4.2 工程方案

研究河段主要采取疏浚、护滩、护岸等工程措施, 改善杨家洲、大口、新江口、裴家场、狮子口等沿线 8 个河段的航道条件。工程方案以裴家场典型河段为例。

裴家场河段位于永合闸上下游, 全长约 9.6 km。河段内有一观山洲, 为典型的分汊河段。裴家场弯道及其下游 5 km 河段深泓线摆动幅度较大, 滩槽变化明显。该河段近年来河道展宽明显, 河床向宽浅方向发展。在裴家场弯道右岸布置护滩带 2 条, 稳定分汊弯道进口河势及中枯水期汊道分流比。在观山洲上下游端部及迎水侧布置长 1 500 m 护岸 1 处 (裴 P₄), 并在对岸连续布置护滩带 4 条, 限制左岸接岸串沟冲深发展, 稳定滩槽格局。工程布置见图 7。

5 结论

1) 从三峡建库以来的水沙条件变化来看,三口分流量较建库前减少 23%,分沙量减少 88.8%,三峡下泄 6 000~8 000 m³/s 枯水流量级下,松滋口分流近年呈现略有增加的趋势;松西河常年不断流,松西河冲刷占三口河道冲刷总量的 47%。

2) 松西河进口所处的长江河段近年冲刷显著趋缓,区域航道条件明显改善。松西河干流岸线基本稳定,中水位下河道展宽,断面河相系数减小,河床以冲刷为主。预计在较长一段时期内,松西河呈单向冲刷趋势,冲刷速率先加快再逐渐减缓的趋势。

3) 结合三峡建库后长江中下游新的水沙条件以及松西河防洪形势要求,松西河航道治理思路以疏浚和边滩守护为主,固滩稳槽,并分段采取不同的工程措施进行系统整治。通过模型试验效果验证,工程实施后稳定了河势,改善分汉段、弯道段、过度河段等易碍航河段的航道条件,研究河段航道尺度基本达到了规划Ⅲ级航道标准,效果验证良好。

4) 长江中下游河道的河床冲刷调整将持续存在,宜昌一枝城河段一旦遭遇大洪水年份,冲刷强度仍可能较大,松滋口门水位下降将进一步影响松西河的分流,在工程咨询及设计阶段需加强观测、分析和研究。

(上接第 74 页)

4) 航道浚深至 6.5 m 时,航道落潮水流输运能力减大幅度达 40%~80%;航道浚深至 10.5 m 时,航道落潮水流输运能力减少 80%~95%。现状条件下,航道西侧涨潮水流输运能力强于落潮,东侧落潮水流输运能力强于涨潮;航道浚深后,航道涨潮水流输运能力强于落潮的范围增大约 80%,当外海泥沙进入航道后,不利于泥沙的向外输运。航道疏浚过程中应尽量减少进入航道的泥沙来源。

参考文献:

- [1] 季则舟. 粉沙质海岸港口航道泥沙问题及防沙减淤措施研究[D]. 天津:天津大学, 2021.
- [2] 袁文昊,刘红. 江苏射阳港 3.5 万吨级进港航道回淤特征研究[J]. 水运工程, 2022(1): 112-118, 139.
- [3] 陈可锋,陆培东,王乃瑞. 整治工程影响下的河口拦门

参考文献:

- [1] 周建银,高菲,元媛,等. 三峡水库运行前后长江中下游干流及两湖的径流过程变化[J]. 湖泊科学, 2023, 35(2): 696-708.
- [2] 湖北省交通规划设计院股份有限公司. 松西河航道整治工程(湖北段)工程可行性研究报告[R]. 武汉:湖北省交通规划设计院股份有限公司, 2017.
- [3] 长江水利委员会长江科学院. 新水沙条件下荆南四河及洞庭湖区冲淤演变趋势研究[R]. 武汉:长江水利委员会长江科学院, 2020.
- [4] 秦凯,彭玉明,陈俭煌. 荆江三口分流能力变化分析[J]. 人民长江, 2015, 46(18): 34-38.
- [5] 徐长江,刘冬英,张冬冬,等. 2020 年荆江三口分流分沙变化研究[J]. 人民长江, 2020, 51(12): 203-209.
- [6] 长江航道规划设计研究院. 长江中游宜昌至荆门溪河段航道整治一期工程初步设计[R]. 武汉:长江航道规划设计研究院, 2014.
- [7] 许全喜,董炳江,袁晶,等. 三峡工程运用后长江中下游河道冲刷特征及其影响[J]. 湖泊科学, 2023, 35(2): 650-661.
- [8] 郭小虎,渠庚,刘亚,等. 三峡工程运用后坝下游河道泥沙输移变化规律[J]. 湖泊科学, 2020, 32(2): 564-572.
- [9] 长江水利委员会长江科学院. 松西河航道整治工程(湖北段)河工模型试验研究[R]. 武汉:长江水利委员会长江科学院, 2019.

(本文编辑 赵娟)

沙航道回淤特征及成因:以射阳港航道为例[J]. 水科学进展, 2017, 28(2): 240-248.

- [4] 钱承君,石靖,陈志勇. 盐城港高质量发展成效[J]. 中国港口, 2022(8): 23-26.
- [5] 冯书科. 耙吸式挖泥船施工工艺在航道整治工程中的应用与探析[J]. 珠江水运, 2023(19): 16-18.
- [6] 魏汉辉,翟玉刚,黎汉庭. 大型耙吸式挖泥船在浅水区疏浚工艺的应用[J]. 水运工程, 2021(2): 195-198.
- [7] 朱逸峰. 基于大数据技术的挖泥船疏浚性能评估研究[D]. 镇江:江苏科技大学, 2020.
- [8] 张世谦,杨玉森. 疏浚工程施工工艺信息平台与分析软件的设计开发[J]. 港工技术, 2013, 50(4): 41-43.
- [9] 孟江山,路川藤,罗小峰,等. 基于 GPU 并行的厦门附近海域潮波传播数值模拟研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2021, 19(4): 424-433.

(本文编辑 王传瑜)