

· 信息技术 ·



长江干线虚拟航标应用模式研究

宋成果

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 虚拟航标应用对挖掘内河航道通航水深、降低维护成本、提升助航效能意义重大。针对长江干线航道虚拟航标应用中在适用范围、设置方法、显示符号 3 个方面存在不明确、不统一的问题, 按照遵循现行国家标准、兼顾国际标准和应用实际的总体思路, 提出适用长江干线航道的虚拟航标强化、替代、新增 3 类应用场景, 圆形与实体航标符号组合、实虚线区分合成与虚拟、文字区分发布载体的显示方式, 以及 AIS 发布的常态虚拟航标要在电子航道图同步发布的应用模式, 初步建立长江干线虚拟航标应用模式, 并基于数字航道与电子航道图进行示范应用。研究成果可为内河虚拟航标标准化应用提供借鉴。

关键词: 虚拟航标; 应用场景; 设置方法; 显示符号

中图分类号: U611

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)07-0158-07

Application mode of virtual aids to navigation on main line of the Yangtze River

SONG Chengguo

(Changjiang Waterway Institute of Planning and Design, Wuhan 430011, China)

Abstract: The application of virtual aids to navigation (V-AtoN) is of great significance in excavating navigation depth, reducing maintenance costs, and improving navigation assistance efficiency. To solve the problems existing in the application of V-AtoN on the Yangtze River, a preliminary application model for V-AtoN is established. Three types of application scenarios for V-AtoN enhancement, substitution, and addition are proposed. The display method of combining circular and entity AtoN symbols, solid and dashed line distinguishing synthesis from virtual, and text distinguishing publishing carriers are defined. A publishing method that the permanent V-AtoN issued by AIS should be published on the electronic navigational charts is proposed. Thus, the application mode of V-AtoN on the main line of the Yangtze River is initially established, and demonstration applications have been carried out based on digital waterways and electronic navigational charts. The research result can provide reference for the standardized application of V-AtoN on inland rivers.

Keywords: virtual aids to navigation; application scenario; setting method; display symbol

虚拟航标具有不会被船舶碰撞、不会移位漂失、设置速度快、维护成本低等优势, 被广泛应用于航道助航系统中, 已获得国际相关组织和国内外航道管理部门认可。国际标准 S-4^[1] (国际海图规范) 和 S-52^[2] (ECDIS 规范) 对虚拟航标制图及电子航道图显示等提出了具体规定; GB 5863—2022《内河助航标志》^[3] 与 JTS/T 181-1—2020《内河航标技术规范》^[4] 已将虚拟航标 (virtual aids to navigation, V-AtoN) 纳入助航标志中; 《交通运输领

域新型基础设施建设行动方案 (2021—2025 年)》明确要求“开展传统导航设施数字化改造和虚拟航标应用”。近年来, 随着数字航道与智慧航道的建设发展, 长江干线广泛应用船舶自动识别系统 (automatic identification system, AIS) 虚拟航标^[5], 并在积极探索应用基于电子航道图的虚拟航标。现有相关规定虽然明确了可以使用虚拟航标, 但并没有提出具体的应用场景。为支撑相关规定应用实施, 促进虚拟航标优势发挥, 结合长江干线

收稿日期: 2024-11-03

作者简介: 宋成果 (1988—), 男, 高级工程师, 从事航道信息化研究。

航道虚拟航标应用实际，本文对长江干线虚拟航标应用模式展开研究。

1 长江干线虚拟航标应用现状

根据统计，长江干线共设置虚拟航标 372 座（截至 2024 年 10 月），应用类型以 AIS 虚拟航标为主，电子航道图虚拟航标尚处于起步阶段，仅 25 座，占比不足 7%；应用范围覆盖上游山区航道、中游平原航道和下游潮汐航道。长江干线虚拟航标设置情况统计见表 1。

表 1 长江干线虚拟航标设置

Tab. 1 V-AtoN setting on main line of the Yangtze River			
航道范围	AIS 虚拟航标/座	电子航道图虚拟航标/座	合计/座
上游	65	5	70
中游	27	18	45
下游	255	2	257
总计	347	25	372

虚拟航标实际应用场景包括标示密集港区临港侧航道、深水航道的复合航道、主航道到港口的“最后 1 km”航道、重要转向点或施工警示区、洪水期易失常实体航标等^[6]。通过以上场景应用，虚拟航标在提高助航效能、挖掘航道宽度、协同应急处置、减少实体标损失等方面发挥了显著效益。但实际应用中，还存在以下问题。

1) 适用范围不明确。目前，国家标准、行业标准及长江航道局相关规定对虚拟航标的使用范围均提出了要求，但不同文件的规定不一致，应用场景描述角度不同。相关标准和规定的适用范围见表 2。

表 2 长江干线虚拟航标适用范围的规定
Tab. 2 Relevant regulation of V-AtoN on main line of the Yangtze River

标准/规定	适用范围
GB 5863—2022《内河助航标志》	所有种类标志；3 种场景：新发现的碍航物、危险水域、环境复杂或航道条件变化频繁的水域
JTS/T 181-1—2020《内河航标技术规范》	无规定
《长江航道局航标工作规定》	4 种标志：危险水域标志、右侧侧面标志、左侧侧面标志、专用标志；5 种场景：作为视觉航标的补充，标示复式航道界限、标示节点、应急抢通和临时限制航行水域
《长江上海段船舶定线制规定（2024 年）》	1 种场景：长江口深水航道

从表 2 可以看出，在适用航标种类上，2021 年印发的《长江航道局航标工作规定》参照海区航标体系规定了长江干线 AIS 虚拟航标适用的 4 种标志，航标种类与现行航标种类并不完全覆盖，而且与国标 GB 5863—2022《内河助航标志》的适用所有种类不一致。在应用场景上，国标缺少已经在长江口深水航道开展实际应用的复式航道应用场景；不同场景的描述角度、概况程度也不一致，国标规定了 3 种具体场景，长江航道局则提出了概况程度较高的 5 种场景，但由于描述角度不同，这些场景会有重叠，如“作为视觉航标的补充”是从虚实关系角度描述，而“标示节点”是从航标作用角度描述，可能会存在既是标示节点也可作为视觉航标的补充的虚拟航标。

2) 设置方法不明确。虚拟航标各类应用场景对应的具体设置方法尚没有明确规定。JTS/T 181-1—2020《内河航标技术规范》仅原则性规定了虚拟航标的设置条件，即“根据船舶航行需要和航道实际条件设置”，其配布方法、典型示例均没有明确给出，不利于虚拟航标优势发挥。

典型代表是长江干线下游复式航道虚拟航标的设置^[7]。长江干线南京以下 12.5 m 深水航道的航标配布存在 2 种模式：一种是浏河口以上航道，深水航道由实体航标标示，深水航道侧面标的外侧水域为推荐航路，水深 5 m，其航标配布见图 1a)、2a)；另一种是浏河口以下长江口航道，深水航道由虚拟航标标示，深水航道两侧边界线向外各 100 m 水域，其外侧边界线由侧面标标示，其航标配布见图 1b)、2b)。从图 1 可以看出，下游 12.5 m 深水航道下段用虚拟航标标示，而上段则用实体航标标示，两者设置方法不明确、不统一，导致上下段航标配布无法顺畅衔接，不利于船舶安全航行。

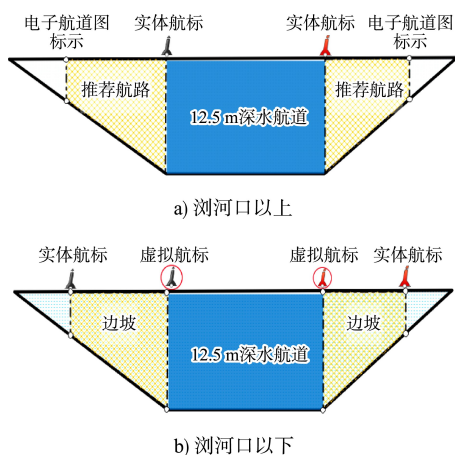


图1 南京以下12.5 m深水航道航标配布横断面
Fig.1 Section of navigation aids on 12.5-meter deep water channel below Nanjing

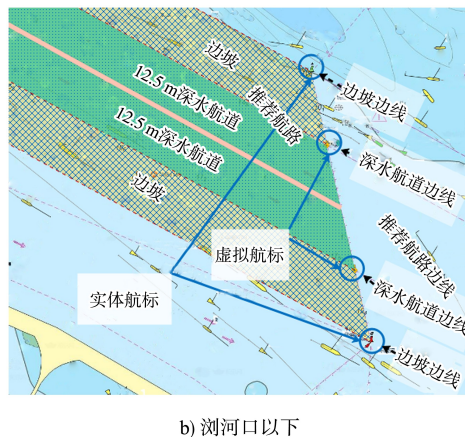


图2 南京以下12.5 m深水航道虚拟航标布设
Fig.2 Layout of V-AtoN on 12.5-meter deep water channel below Nanjing



a) S-4



b) 内河标准



c) 船载终端要求



d) 电子航道图实际应用

图3 不同标准中的虚拟航标显示符号

Fig.3 V-AtoN display symbols in different standards

实际应用中,长江干线虚拟航标一般参照JT/T 1193—2018《自动识别系统(AIS)航标应用导则》^[8]船载移动设备AIS航标显示符号进行显示,见图3c)。一方面,该标准只规定了海区航标符号,导致内河虚拟航标图例无法准确显示;另一方面,内河电子航道图的显示并未按照该标准要求做到“永久虚拟AIS航标应在海图(包括纸质海图和电子海图)上标注”“在海图上显示时直接与海图显示符号叠加,海图显示符号显示在本显示符

3) 显示符号不统一。国际标准S-4提出虚拟航标的显示要求,包括形状、大小、颜色、文字等,其中,文字内容包括“V”+“发布载体”,其显示符号见图3a)。如图3b)所示,GB 5863—2022《内河助航标志》等标准均明确内河虚拟航标的符号是在视觉航标图例外围增加虚线,但该规定与国际标准不一致。

的菱形框中”,实际应用见图3d),与国际标准和国家标准的规定不一致。

2 长江干线虚拟航标应用架构

长江干线虚拟航标的应用架构见图4,其中设施层、数据层和应用层依托已有数字航道平台进行拓展完善,保障层提供虚拟航标应用场景、方法、机制等标准制度支撑。

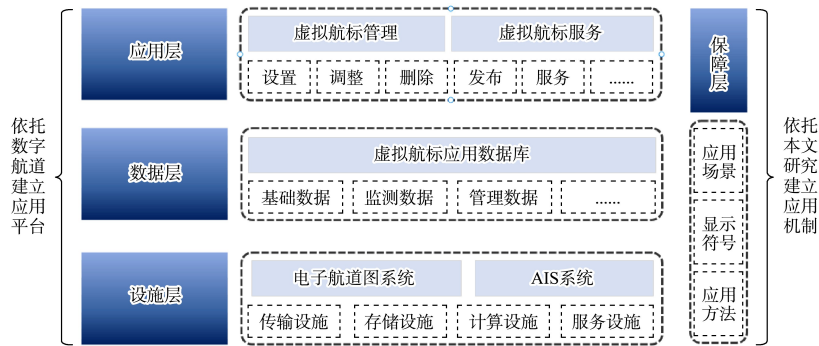


图 4 长江干线虚拟航标应用框架
Fig. 4 Application framework of V-AtoN on main line
of the Yangtze River

1) 设施层。依托数字航道平台已有基础设施,建立并完善虚拟航标应用的软硬件,包括电子航道图虚拟航标和 AIS 虚拟航标对内管理与对外服务所需的传输、存储、计算和服务等设施,如电子航道图生产编辑与公共服务软硬件、AIS 基站等。

2) 数据层。依托数字航道平台的数据支撑体系,新增虚拟航标应用数据库,参照航标遥测遥控管理,实现虚拟航标基础静态信息、监测动态数据、日常管理信息以及服务反馈信息的统一入库管理,为上层应用提供必要的基础数据。

3) 应用层。依托数字航道平台的业务管理系统和综合服务系统,研发虚拟航标管理模块与服务模块,实现虚拟航标设置、调整、删除、发布、服务等日常业务的应用。

4) 保障层。针对长江干线虚拟航标应用中存在的问题,依托本文研究提出的虚拟航标应用模式,明确虚拟航标的具体应用场景、显示模式和应用方法,统一建立长江干线虚拟航标应用机制,促进虚拟航标应用成效充分发挥。

3 长江干线虚拟航标应用模式

以建立虚拟航标应用机制为目标,按照总体遵循国家标准 GB 5863—2022《内河助航标志》规定,兼顾 IHO 标准 S-4 与 S-101^[9]、行业标准 JT/T 1193—2018《自动识别系统(AIS)航标应用导则》以及长江干线实际应用的思路,研究确定长江干线虚拟航标的适用范围(类别、应用场景)、显示符号、发布方式等内容,见表 3。

表 3 长江干线虚拟航标应用思路
Tab. 3 Application ideas of V-AtoN on main line of the Yangtze River

项目		应用思路
适用范围	航标种类	与国标规定的内河航标种类完全一致,4 类 22 种
	类别	设置时长
	虚实程度	参照 AIS 虚拟航标,分合成和虚拟
应用场景		按照虚拟航标与实体航标之间的关系,分为强化、替代、新增 3 类
显示符号		按照国标采用圆+实体航标符号显示,参照 AIS 航标采用实线和虚线区分合成和虚拟
发布方式		AIS 虚拟航标通过 AIS 基站发布,常态设置的在电子航道图中同时发布;电子航道图虚拟航标在图上发布

3.1 应用场景

长江干线大部分虚拟航标均为合成标志,主要用于强化实体航标的作用;少部分用于临时替代实体航标或新增助航标志,以及无法设置实体航标的水域、极易发生异常的水域^[10]。因此,本

文提出虚拟航标强化、替代、新增 3 类主要应用场景。

3.1.1 强化实体航标

1) 主要用途。在实体航标的基础上,增设虚拟航标,作为合成虚拟航标,增强航标助航效能。

一般常态设置。

2) 应用场景。适用于标示重要通航节点, 主要包括航道分汊交汇、单向通航控制、交通事故易发、重要锚地码头、施工作业管控等水域的航标。包括左右通航标、示位标、侧面标、警示标、专用标等类型标志。

3) 管理模式。与强化的实体航标同步进行设置、调整、撤销。

3.1.2 替代实体航标

1) 主要用途。为降低维护难度、节约维护成本、避免实体航标碍航, 在不影响通航安全的条件下, 或在遇到突发情况不能及时设置实体航标时, 设置虚拟航标替代实体航标。一般临时设置, 替代碍航实体航标的一般为常态设置。

2) 应用场景。适用于替代通航环境优良水域的部分实体航标、船舶交通流密度大的部分实体航标等常态设置的实体航标; 替代紧急情况下无法及时设置的实体航标、短期内极易发生漂移碰撞的实体航标(如水位陡涨陡落时)。包括所有内

河航标种类。

3) 管理模式。对替代的实体航标, 与其他实体航标统一进行设置、调整、撤销。

3.1.3 新增虚拟航标

1) 主要用途。在现有实体航标之外, 新增虚拟航标, 避免实体航标碍航、提高通航安全保障能力、提高航道通过能力。一般为常态设置。

2) 应用场景。适用于标示复式航道边界、无法设置实体航标的重要转向点等, 如标示下游 12.5 m 深水航道边界、标示进港专用航道边界、标示深水港口且交通流量密集水域的船舶转向点。包括侧面标、示位标、专用标等。

3) 管理模式。根据复式航道和重要转向点设置方案, 开展虚拟航标布设。

3.2 显示符号

按照圆形与实体航标符号组合的显示原则, 参照 AIS 航标采用实线和虚线区分合成和虚拟^[11], 并通过说明文字区分发布载体。长江干线虚拟航标显示符号示例见图 5。



图 5 长江干线虚拟航标显示符号

Fig. 5 V-AtoN display symbols on main line of the Yangtze River

1) 虚拟航标符号由外围圆、虚拟航标类型标识及应用设置方法标识组成。外围圆符号颜色采用品红色, 类型标识符号与实物航标符号颜色一致; 2) 虚拟航标符号外围圆中心位置为原实体航标类型标识外接矩形的中心; 3) 虚拟航标类型标识与对应类型实体航标符号标识的形式、尺寸相同, 虚拟航标类型标识位于外围圆的内部; 4) 如果需进一步强调航标为虚拟航标, 可以在外围圆旁边加以文字性说明。推荐使用“V-ENC”或“V-AIS”加以说明, 其中 V(virtual)表示虚拟, ENC(electronic

navigational charts)表示电子航道图。

3.3 航标发布

3.3.1 发布方式

长江干线虚拟航标是航标的一种, 应统一按照现有航标管理模式在数字航道生产业务系统中进行流程管理。电子航道图虚拟航标通过航道通告、电子航道图系统(如长江 e+)和电子航道图服务接口 3 种方式发布; AIS 虚拟航标通过 AIS 设备、航道公告和电子航道图系统 3 种方式发布。

3.3.2 发布内容

虚拟航标信息发布内容主要分为图例信息与航道通告发布。发布类别包括虚拟航标设置、撤除、标位调整、停止(恢复)使用、标名改变、异常(恢复)等基本信息。同步发布 AIS 航标的,还应发布海上移动通信业务标识、播发要求;电子航道图服务接口应发布虚拟航标的名称、类型、位置(经纬度坐标和对应坐标系)、启用时间、停用时间、是否同步发布 AIS 航标等内容。

3.3.3 发布监测

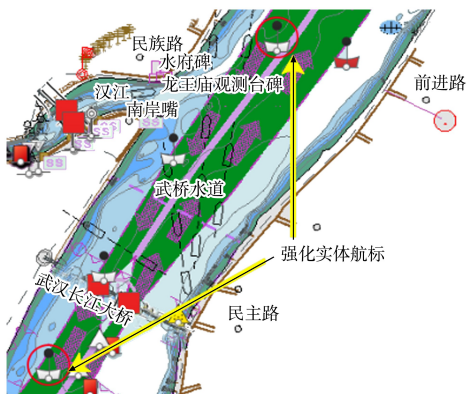
虚拟航标运行状态纳入日常监测范围,确保虚拟航标功能正常发挥,监测内容包含显示、位置、名称、图例等信息。巡查周期应与视觉航标巡查周期一致。在线上巡查时,需利用长江 e+、数字航道 APP 线上检查虚拟航标运行状况,并做好记录。

3.3.4 更新要求

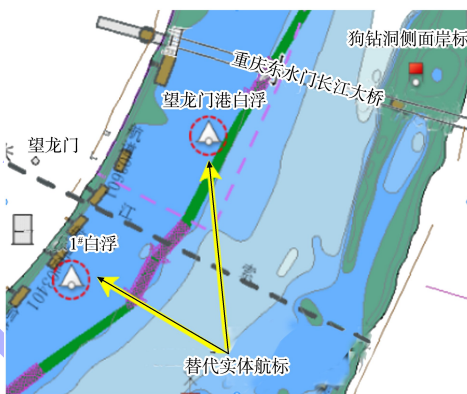
在当前统一 S-57/S-52 标准体系下,临时设置的可不在电子航道图上更新编码显示;常态设置的则应显示;在未来 S-100 标准体系下,所有虚拟航标均须动态更新编码显示。

4 应用成效

本文提出的应用模式在长江航道虚拟航标应用中开展了实践。在管理系统方面,基于数字航道系统开发了虚拟航标管理模块,实现了虚拟航标的设置、调整、撤销等管理,并通过电子航道图对外发布;在应用范围方面,2024 年在重庆、武汉等桥区河段开展了电子航道图虚拟应用,应用场景主要为强化和替代,符号按照强化实体圆、替代虚拟圆的方式显示,见图 6;在应用成效方面,航行船舶可通过长江 e+ 正常获取虚拟航标助航服务,辖区航道养护单位可通过替代实体航标降低航标维护成本。此外,根据通航船舶调研^[12],约 82% 的船舶用户认为 AIS 航标的助航作用大,虚拟 AIS 航标也得到服务对象广泛认可。



a) 强化实体航标



b) 替代实体航标

图 6 长江干线电子航道图虚拟航标应用
Fig. 6 Application of V-AtoN for ENC on main line of the Yangtze River

5 结论

- 1) 从内河虚拟航标现行规定和长江干线航道实际应用现状分析可知,虚拟航标在适用范围、设置方法、显示符号 3 个方面存在不明确、不统一的问题,不利于虚拟航标助航效能充分发挥。
- 2) 本文按照虚拟航标与实体航标之间的关系,将长江干线虚拟航标分为强化、替代、新增 3 类应用场景;符号按照圆形与实体航标符号组合、实线和虚线区分合成和虚拟、说明文字区分发布载体的方式显示;基于数字航道进行统一发布、统一管理、统一监测,建立适用长江干线的虚拟航标应用模式。
- 3) 本文提出的应用模式在长江干线航道开展了实际应用,在保障船舶通航安全、降低实体航标异常损失等方面取得了良好成效。

参考文献:

- [1] S-4 Regulations of the IHO for international (INT) charts and chart specifications of the IHO[S]. 4. 9. 0 ed. Monaco: International Hydrographic Organization, 2021.
- [2] IHO. S-52 Specifications for chart content and display aspects of ECDIS [S]. 6. 1. 1 ed. Monaco: International Hydrographic Organization, 2015.
- [3] 内河助航标志: GB 5863—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- Aids to navigation on inland waterways: GB 5863-2022. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [4] 内河航标技术规范: JTS/T 181-1—2020[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2022.
- Technical specifications for navigation aids on inland waterway: JTS/T 181-1-2020[S]. Beijing: China Communication Press Co., Ltd., 2022.
- [5] 李峰, 曾乐, 刘斌, 等. 基于大数据分析的 AIS 虚拟航标布设技术[J]. 水运工程, 2023(11): 173-179.
- LI F, ZENG L, LIU B, et al. Virtual navigation aid deployment technology by AIS based on big data analysis[J]. Port & waterway engineering, 2023 (11): 173-179.
- [6] 赵阶乐, 王岩. AIS 航标工程化应用现状及应对措施研究[J]. 中国水运·航道科技, 2021(29): 40-44.
- ZHAO J L, WANG Y. Present situation and countermeasures of AIS navigation mark engineering application [J]. China water transport (science & technology for waterway), 2021(29): 40-44.
- [7] 陈建平. 长江口深水航道及延伸段(上海段)航标配布特点[J]. 航海技术, 2018(4): 35-37.
- CHEN J P. Characteristics of navigation marks' distribution in Yangtze estuary deepwater channel and extension section (Shanghai section) [J]. Marine technology, 2018 (4): 35-37.
- [8] 自动识别系统(AIS)航标应用导则: JT/T 1193—2018[S]. 北京: 人民交通出版社有限公司, 2018.
- Application guide of automatic identification system aids to navigation: JT/T 1193-2018[S]. Beijing: China Communication Press Co., Ltd., 2018.
- [9] IHO. S-101 ENC product specification[S]. 1. 1. 0 ed. Monaco: International Hydrographic Organization, 2023.
- [10] 王岩, 孙小军. 长江镇江段 AIS 虚拟航标应用实例及基站选址分析[J]. 中国水运·航道科技, 2019(30): 18-23.
- WANG Y, SUN X J. Application example of AIS virtual navigation mark in Zhenjiang section of Yangtze River and analysis of base station location [J]. China water transport (science & technology for waterway), 2019(30): 18-23.
- [11] 宋成果, 李昕, 郭涛. 我国内河虚拟航标显示符号研究[J]. 水运工程, 2018(1): 166-170.
- SONG C G, LI X, GUO T. Symbols of virtual aids to navigation[J]. Port & waterway engineering, 2018 (1): 166-170.
- [12] 大连海事大学. 长江干线新型航标研究及应用[R]. 大连: 大连海事大学, 2022.
- Dalian Maritime University. Research and application of new navigation marks on main line of the Yangtze River [R]. Dalian: Dalian Maritime University, 2022.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 120 页)

- [7] 黄永葛. 水口枢纽坝下水位下跌治理方案研究[J]. 水利水运工程学报, 2007(3): 51-56.
- HUANG Y G. Regulation scheme of water level falling downstream of Shuikou Dam [J]. Hydro-science and engineering, 2007(3): 51-56.
- [8] 胡亚安, 李中华. 三峡升船机通航与运行保障关键技术研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2015.
- HU Y A, LI Z H. Research on key technologies for navigation and operation support of the Three Gorges ship lift [R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2015.
- [9] 傅陆志丹, 胡亚安. 船舶进出船厢下沉量预测[J]. 水运工程, 2020(11): 12-17.
- FU L Z D, HU Y A. Prediction of ship squat while ship entering and leaving ship lift chamber [J]. Port & waterway engineering, 2020(11): 12-17.
- [10] 秦晨曦, 段伦良, 王多银, 等. 内河限制性航道船舶下沉量数值研究[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(19): 8428-8434.
- QIN C X, DUAN L L, WANG D Y, et al. Numerical calculation of ship sinking in restricted inland waterways [J]. Science technology and engineering, 2023, 23(19): 8428-8434.

(本文编辑 王传瑜)