



# 浅析北方港区导标设计——以黄骅港为例

李晓宇

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 常见的导标设计是对应航道中心线布置前后导标, 采用航道中心标和航道两侧配布灯浮标一起引导船舶安全进出港, 然而北方港区每年冬季进入冰冻期后, 在大量浮冰作用下可能造成浮动标志损坏或移位, 对于航道中心导标效能较弱的航段航行安全存在隐患, 此外仅靠航道中心导标在会船时对于船舶双向通航的助航效能也比较有限。针对这些问题, 可以通过设置多组导标的方式来满足不同的引航需求, 但是现行的导标设计规范主要针对航道中心标的参数要求, 对于多组导标的设计缺乏实践指导意义。黄骅港煤炭港区进港航道满足7万吨级船舶双向通航, 其导标设计对于北方港区多组导标设计具有典型的参考意义, 通过项目实例多组导标设计中各项参数的取值过程, 说明主要需要考虑的因素, 提出多组导标横向间距的取值方法以及边导标的设计原则, 总结北方港区冰期通航的环境特点, 分析多组导标设置的适用场景, 最后形成国内北方港区导标设计的主要技术要点, 为类似项目以及行业标准的修订提供借鉴和参考。

**关键词:** 北方港区; 多组导标设计; 导标

中图分类号: U675

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)04-0121-07

## Brief analysis of leading mark design in northern port areas: taking Huanghua Port as an example

LI Xiaoyu

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

**Abstract:** The common leading mark design involves aligning the front and rear marks with the central axis of the navigation channel. The central channel marks, along with light buoys distributed on both sides of the channel, guide vessels safely in and out of the port. However, in northern ports, the winter freezing period brings large volumes of floating ice, which can damage or displace these floating marks. This poses a risk to navigation safety in channel segments where the effectiveness of central leading marks is compromised. Additionally, relying solely on central leading marks provides limited navigational assistance for two-way traffic during vessel meetings. To address these issues, Multi-group leading marks can be installed to meet different pilotage needs. However, current design standards for leading marks primarily focus on parameters for central channel marks, offering little practical guidance for designing multiple sets. The entrance channel of the Huanghua Port Coal Terminal accommodates two-way traffic for 70,000 DWT vessels, making its leading mark design a typical reference for multi-group leading marks design in northern ports. This study examines the parameter selection process in multi-group leading marks design through project examples, highlighting key considerations. It proposes a method for determining the lateral spacing of multi-group leading marks and outlines design principles for side leading marks. The study also summarizes the navigational environmental characteristics during ice periods in northern ports and analyzes suitable scenarios for deploying multi-group leading marks. Finally, it identifies the main technical points for leading marks design in northern areas of China, providing reference and guidance for similar projects and the revision of industry standards.

**Keywords:** northern port area; multi-group leading marks design; leading mark

收稿日期: 2025-08-04 录用日期: 2025-08-29

作者简介: 李晓宇(1986—), 女, 高级工程师, 从事水运工程通导专业设计、研究工作。

导标又称引导标,通常由前后两座或三座立标组成一组叠标<sup>[1]</sup>,叠标可标识出引导的直线,船舶航行时通过观察叠标串视状态判断与引导线横向的相对位置,并在航行中适时调整航向,从而引导船舶在航道可航行水域范围内安全通航。对于人工航槽、狭窄航道等限制性航道,导标是保障船舶通航安全的一种不可或缺的助航设施。

随着国内港口基础设施建设的投入,导标建设受资金限制的压力减弱,更多需要结合通航环境考虑建设的必要性和专业性。冬季国内大部分北方港区会进入冰冻期,受浮冰影响进出港船舶容易偏出航道、浮动标志容易损坏或漂失,而导标因设置于陆域具有稳定、直观的助航效能,在冰期引航中有不可替代的作用。为了给船舶提供更全面、更高效的助航引导,一些受冰情影响较大的港区常在进港航道设置多组导标,包括航道中心标、双向航道分道通航中线标和边标。现行的导标设计规范主要针对航道中心标的设计要求,其中国外标准通常依据国际航标组织(International Organization for Marine Aids to Navigation, IALA)发布的G1023, *Design of Leading Lines*<sup>[2]</sup>和R0112, *Leading Lights*<sup>[3]</sup>等系列文件,国内现行规范有JT/T 1494—2024《海区导标配布导则》<sup>[4]</sup>和JTS 181—2016《航道工程设计规范》<sup>[5]</sup>,但对于多组导标设置的适合场景、各组导标的横向布置间距以及边导标助航效能的评估标准等缺乏实践指导意见。本文以黄骅港煤炭港区7万吨级航道的导标设计方案为例,分享多组导标设计中各项参数的取值过程以及考虑因素,为相似工程和导标设计标准修订提供借鉴和参考。

## 1 工程概况

黄骅港地处环渤海弓顶处、渤海湾的最西端,位于河北省与山东省交界处的海域,沧州市区以东约90 km的渤海之滨,是天津—莱州湾沿海一带唯一的较大型港口<sup>[6]</sup>。黄骅港包括煤炭港区、综合港区、散货港区和河口港区,煤炭港区是神

朔、朔黄铁路的终点,是我国西煤东运的第二通道出海口和国家能源集团煤炭下水的最大出海口,是国家西煤东输、北煤南运的命脉之一。随着港区煤炭吞吐量不断增长以及船舶大型化的发展趋势,煤炭港区进港航道通航等级也在不断提升。

2002年煤炭港区开港初期,进港航道底高程为-12.3 m,航道宽度140 m,可实现5万吨级运煤船单向乘潮进出港,为引导船舶航行同步建设8座导标,其中内航道2座,外航道6座;2011年进港航道完成航道拓宽工程,航道底高程为-14.0 m,航道宽度270 m,具备5万吨级船舶满载双向通航条件,同时相应调整了导标配布方案,拆除原有导标并新建20座导标,其中内航道10座,外航道10座;目前进港航道已在5万吨级航道基础上完成扩建一期工程,原航道轴线方向不变进行双向拓宽,自N1+000至W9+000段航道宽度拓宽至300 m,设计底高程为-14.0 m,航道拓宽后可达到7万吨级满载乘潮双向通航标准,对应将原有20座导标进行调整,调整后内航道设置导标10座,外航道设置导标10座<sup>[7]</sup>。

## 2 黄骅港导标方案

### 2.1 设计船型

煤炭港区进港航道全长43.5 km,内航道N1+000—N3+480.5及外航道W0+000(N3+480.5)—W3+000轴线走向为N55°00′00″—N235°00′00″,外航道W3+000—W41+000轴线走向为N59°30′00″—N239°30′00″,见图1。煤炭港区现有生产性泊位22个,其他泊位8个,最大靠泊能力为10万吨级散货船舶泊位,其次是7万吨级泊位,其余均为不超过5万吨级泊位。

根据2020年煤炭港区进港航道船舶进出港AIS统计数据,船长90~150 m船舶占比22.2%,船长150~200 m船舶占比40.3%,船长200~300 m船舶占比15.4%,船长大于300 m船舶占比0.4%。结合煤炭港区到港船型及预测,设计采用的船型主尺度见表1。

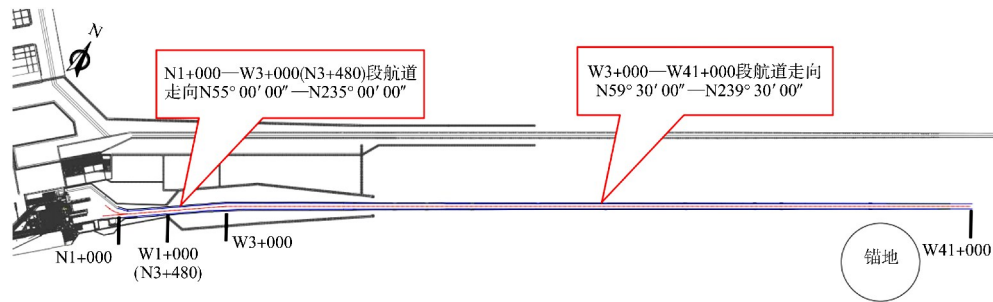


图 1 黄骅港进港航道走向  
Fig. 1 Approach channel alignment of Huanghua Port

表 1 设计船型主尺度  
Tab. 1 Principal dimensions of designed ship

| 船舶吨级/<br>DWT | 总长/<br>m | 型宽/<br>m | 型深/<br>m | 满载<br>吃水/m | 备注 |
|--------------|----------|----------|----------|------------|----|
| 35 000       | 190      | 30.4     | 15.8     | 11.2       | 兼顾 |
| 50 000       | 223      | 32.3     | 17.9     | 12.8       | 兼顾 |
| 70 000       | 228      | 32.3     | 19.6     | 14.2       | 设计 |

## 2.2 平面布置方案

### 2.2.1 横向布置

煤炭港区共设置 10 组导标，内外航道各设置 5 组，分别为航道中心标、分道通航航道中线标和边标。结合当地航道引航部门的习惯要求，各种导标设置的横向间距取值采用航道设计底宽四等分法，导标横向布置方案见图 2。

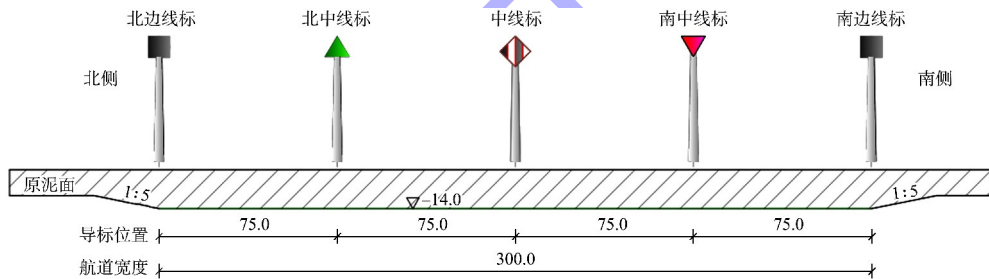


图 2 黄骅港导标横向布置方案(单位:m)  
Fig. 2 Lateral arrangement for leading mark at Huanghua Port (unit:m)

### 2.2.2 纵向布置

根据 JT/T 1494—2024《海区导标配布导则》和 JTS 181—2016《航道工程设计规范》，前后导标间距  $d$  计算公式如下：

$$d = \frac{D^2}{343.8P - D} \quad (1)$$

式中： $D$  为自前导标至导标有效作用段某观察点的观察距离，m； $P$  为设计偏离量，m。

经计算内航道导标间距  $d$  为 358 m，外航道导标间距  $d$  为 1 581 m。导标位置需结合港区平面布置及建筑物情况确定选址，导标间距最终取值见表 2。

表 2 多组导标间距取值

| 序号 | 名称             | 导标间距/m |
|----|----------------|--------|
| 1  | 黄骅港外航道引导灯桩北边线标 | 1 879  |
| 2  | 黄骅港外航道引导灯桩北中线标 | 1 949  |
| 3  | 黄骅港外航道引导灯桩中线标  | 2 460  |
| 4  | 黄骅港外航道引导灯桩南中线标 | 2 003  |
| 5  | 黄骅港外航道引导灯桩南边线标 | 2 033  |
| 6  | 黄骅港内航道引导灯桩北边线标 | 2 498  |
| 7  | 黄骅港内航道引导灯桩北中线标 | 2 520  |
| 8  | 黄骅港内航道引导灯桩中线标  | 1 903  |
| 9  | 黄骅港内航道引导灯桩南中线标 | 2 511  |
| 10 | 黄骅港内航道引导灯桩南边线标 | 2 466  |

## 2.3 导标高程设计

### 2.3.1 前导标高程

根据 JT/T 1494—2024《海区导标配布导则》和 JTS 181—2016《航道工程设计规范》，前导标标顶最小高程  $h_{\min}$  计算公式如下：

$$h_{\min} = h_1 + h_2 \quad (2)$$

式中： $h_1$  为前导标标身最小高度，m；取标身顶部标牌宽度的 2~3 倍； $h_2$  为自平均大潮高潮面起算的前导标底部高程，m。

经计算内航道前导标标顶最小高程  $h_{\min}$  为 25.02 m，外航道前导标标顶最小高程  $h_{\min}$  为 26.42 m。

前导标标顶高程取值结合导标设置处建构筑物情况，以尽量减小对导标通视效果的影响为原则，其中内航道导标通视区内主要存在高度 28 m 以下的建筑物、防风网和堆场，外航道导标通视区内主要存在高度 52 m 的储煤筒仓，最终内航道前导标标顶高程取值 33.5 m，外航道前导标标顶高程取值 58.5 m。

### 2.3.2 后导标高程

根据 JT/T 1494—2024《海区导标配布导则》和 JTS 181—2016《航道工程设计规范》，后导标标顶高程  $H$  计算公式如下：

$$H = (D + d) \left( \frac{h - e}{D} + 6.59 \times 10^{-8} d + 0.00029\alpha \right) + e \quad (3)$$

式中： $h$  为前导标标顶高程，m； $e$  为观察者眼高，m； $\alpha$  为前后导标标顶垂直张角，(′)。

经计算并反复验算，最终内航道后导标标顶高程取值 54.5 m，外航道后导标标顶高程取值 81.5 m。

## 2.4 导标结构设计

导标塔主体结构为单管圆形钢塔<sup>[8]</sup>，顶部设置标牌。选择圆形截面作为导标的主体结构形式，能够有效地减小风荷载对标牌和塔筒本身作用生成的风荷载及弯矩，使导标保持安全性和稳定性。筒体间的连接采用反向平衡法兰连接，筒体根部与基础的连接采用预应力锚栓。塔架顶部设置平台，用于安装灯具和维修，同时在钢管塔内部设置钢爬梯及修改平台，为维保人员提供检修通道，并在爬梯周围设置护栏保证攀登安全。

导标基础形式为板式承台桩基础方案，板承台形式为方形承台，承台下布置直径为 600 mm 钻孔灌注桩，桩长约为 36~39 m。其中 33 m 导标基础采用 8 桩承台，53、54、58 m 导标基础采用 17 桩承台，81 m 导标基础采用 21 桩承台。承台采用 C40 混凝土，抗渗等级不低于 P6，垫层采用 C20 防腐混凝土，灌注桩采用 C40 混凝土，抗渗等级不低于 P8。

## 2.5 外观及灯质设计

为获得更好的日间显形效果，导标标身和顶部标牌尽量选择与背景条件有明显区别的颜色组合，并对不同种类导标顶部标牌形状加以区别。航道中心导标采用黑、白相间横纹菱形顶标，以灯质节奏区别内、外航道；分道通航中线导标采用三角形顶标，以绿色正三角形、红色倒三角形和灯质颜色区别两个分道通航中心线，并以增加版面竖纹和调整灯质节奏区别内、外航道；边导标采用黑色正方形顶标，以灯质颜色区别航道左右侧。

## 2.6 助航效能评估

检验导标效能主要通过偏离量、前后导标标顶垂直张角和导标侧面灵敏度系数进行评估，以设计船型眼高为参照分别对内、外航道导标效能进行验算。

内航道导标有效作用段为自距前导标 3~9 km 的航段，在此范围内导标视觉偏离量小于设计偏离量，前后标标顶垂直张角和侧面灵敏度基本符合 JT/T 1494—2024《海区导标配布导则》和 JTS 181—2016《航道工程设计规范》中导标设计的相关要求，只是终导点侧面灵敏度略高，不影响导标的正常使用和助航效能的正常发挥。外航道导标有效作用段为自距前导标 7.5~14 km 的航段，在此范围内导标视觉偏离量小于设计偏离量，前后标标顶垂直张角和侧面灵敏度符合 JT/T 1494—2024《海区导标配布导则》和 JTS 181—2016《航道工程设计规范》中导标设计的相关要求，导标可以正常发挥助航效能。

## 3 北方港区通航环境特点

港区通航环境包括航路条件、通航船舶与交通流、港口规模与位置、现有导助航设施情况等诸多方面，每个港区都有各自的特点。为了对比南、北方港区通航环境对导标设置的影响，这里主

要分析冰情、寒潮风暴潮等北方港区特有的因素。

我国北方通常每年12月—次年2月进入隆冬季节，受寒潮影响北方海域会出现海冰，以渤海及黄海北部海域最为显著<sup>[9]</sup>。其中渤海北部为我国冬季冰冻最严重的海域，每年冬季均会出现海冰，冰厚可达10~30 cm，严重时覆盖面积超1万 km<sup>2</sup>；渤海湾天津、河北沿岸海域冰情相对较轻，但强寒潮年份可形成固定冰或浮冰；莱州湾冰期较短，通常为1~2个月，冰层较薄；黄海北部辽宁大连近海、鸭绿江口海域冬季可能出现沿岸冰或浮冰，冰情较渤海轻，但极端低温年份会形成大面积冰盖。

浮冰随风漂流常达数十海里，在风、流的作用下，浮冰对船体的压力不平衡，尤其在横风横流航道中，船舶很容易偏出航道<sup>[10]</sup>。港区内由于船舶往来进出，浮冰被反复破碎又层层叠积，冰的厚度往往会大大增加，给船舶航行和操纵带来极大困难。

此外，我国北方寒潮是由温带气旋或冷空气引起的温带风暴潮<sup>[11]</sup>，多发生在10月—次年4月的冬、春季节，莱州湾、渤海湾为多发海域。寒潮来袭会出现强烈而持续的大风，不仅加剧冰冻程度，且产生的寒潮风暴潮会造成渤海沿海水位增减，对船舶航行和操纵都有一定影响。

## 4 北方港区导标设计分析

### 4.1 导标设置必要性

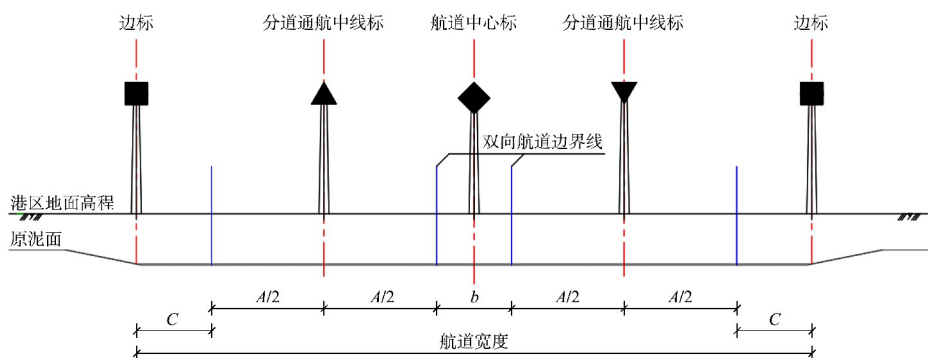
北方港区冬季船舶通航受冰情影响较大，浮

冰随着涨潮落潮漂移，会把浮标掩埋在冰下，可能造成浮标设施的损坏，或者由于浮冰的反复推压造成浮标移位甚至漂失<sup>[12]</sup>，使得浮标助航效能大大降低，因此船舶在冰期进出港时，不能仅依赖浮标设施导航，需要充分利用陆上固定标志来确定位置和航向。

相对于浮动助航标志，导标的助航性能更加稳定可靠，对于船舶航行尤其是冰期通航起到重要的安全保障作用。所以北方受冰情影响较大的港区常在进港航道设置多组导标引导船舶通航，包括航道中心标、双向航道分道通航中线标和边标，例如天津港、唐山京唐港、秦皇岛港、黄骅港、绥中港等。

### 4.2 导标横向间距取值

北方沿海航道设置的导标常见种类有航道中心标、分道通航中线标和边标。其中航道中心标设置在航道中心线的延长线上，在无会船的正常航行状态下，船舶主要通过航道中心导标辅助航道两侧配布的灯浮标实现导航；分道通航中线导标主要在双向船舶会遇时发挥助航效能，引导船舶在可航行水域范围内安全完成两船的对遇航行；边导标主要助航效能是引导船舶上线和防止船舶靠近航道边线发生搁浅事故。以上几种导标横向间距的取值有两种方案，一种是航迹带法<sup>[13]</sup>，一种是航道四等分法。按照航迹带法布置的导标横向间距见图3。



注：A 为航迹带宽度；b 为船舶间富余宽度；C 为船舶与航道底边线间的富余宽度。

图3 导标横向布置(航迹带法)

Fig. 3 Lateral arrangement for leading mark( track-zone method)

按照航道四等分法布置导标横向间距,两船会遇时船舶间距更富余,但是船舶与航道底边间的富余宽度可能会比 JTS 165—2025《海港总体设计规范》<sup>[14]</sup>要求的略小。按照航迹带法布置导标横向间距时,分道通航中线标与航道中心标和边标距离不同,可能会与引航习惯不同。在实际设计中,要结合航行安全需求和引航习惯的要求综合考虑,例如黄骅港导标设计充分采纳当地引航习惯要求,在确保航行安全的条件下,导标横向布置采用航道四等分法,在实际引航中发挥了较好的助航效能。

#### 4.3 边导标设计

《海港工程设计手册》中建议边导标标身高度低于航道中心标以做区分,而国内现行的导标设计规范中没有针对边导标的设计要求。边导标主要用于引导船舶从航道外驶入航道内,或者提醒船舶与航道边界的相对位置,船舶在航行过程中可以通过边导标的串视、开/关门状态来判断船舶相对于这组导标的位置<sup>[15]</sup>,所以相对于航道中心导标和分道通航中线导标,边导标侧面灵敏度要求可以略低。

实际设计中需要统筹考虑工程费用、标志通视效果等因素。黄骅港导标标身高度受通视区陆域建、构筑物灯光影响以及可实现的导标间距限制,其中内航道导标通视区内有建筑物、防风网和堆场,背景灯光杂乱,导标标身高度至少要大于 28 m;而外航道导标通视区内有储煤筒仓,筒仓上部装有照明灯,导标标身高度至少要大于 52 m。在能保障助航效能情况下,黄骅港航道中心导标标身高度取值已是最低值,最终边导标标身高度取值与航道中心导标相同。

## 5 结语

1) 对于北方受冰情影响较大的港区限制性航道或其他航行条件复杂的航道,可采用设置多组

导标的方式增强助航效能,引导船舶在复杂航行环境中保持正确航向、提高航道通航效率。

2) 多组导标横向间距设计可选用航迹带法或航道四等分法,两种方法各有优缺点,设计时需结合当地的引航习惯统筹考虑。

3) 多组导标各类导标标身高度的设计需考虑通视效果和助航效能的要求,而助航效能的评估标准可结合导航目的有所区别。对于侧面灵敏度要求不高的边导标可以适当降低评估标准,在不影响通视效果的前提下适当降低标身高度,从而在一定程度上也能优化工程费用,未来在行业规范修订时可对此做进一步细化。

4) 导标是港区基础设施建设中重要的一部分,在保障航道通航安全上发挥着不可替代的作用,建立导标设计的标准化体系、采用科学的评估标准才能充分发挥其助航效能,从而实现改善港口通航环境的目标。

#### 参考文献:

- [1] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 海港工程设计手册 [M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.  
CCCC First Harbor Consultants Co., Ltd. Handbook for design of sea harbours [M]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2018.
- [2] Design of Leading Lines: G1023 [S]. Pairs: The IALA Engineering Committee, 2005.
- [3] Leading Lights: R0112 (E-112) [S]. Pairs: The IALA Engineering Committee, 2005.
- [4] 海区导标配布导则: JT/T 1494—2024 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2024.  
Directives on the layout of leading marks: JT/T 1494-2024 [S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2024.
- [5] 航道工程设计规范: JTS 181—2016 [S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016.

- Design code for waterway engineering: JTS 181-2016[S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2016.
- [6] 大连海事大学. 黄骅港煤炭港区 7 万吨级双向航道一期工程导标改造论证报告[R]. 大连: 大连海事大学, 2021.
- Dalian Maritime University. Demonstration report on beacon reconstruction for the first phase of the 70,000-DWT two-way channel project in Huanghua Port Coal Terminal area[R]. Dalian: Dalian Maritime University, 2021.
- [7] 中交水运规划设计院有限公司. 黄骅港煤炭港区 7 万吨级双向航道一期工程施工图设计第八册航标工程[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2021.
- CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd. Construction drawing design for the first phase of the 70,000-DWT two-way channel project in Huanghua Port Coal terminal area-volume 8: aids to navigation engineering [R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2021.
- [8] 蔺雪峰, 张小安, 陶鹏. 钢塔筒结构形式在港口导标工程中的应用[J]. 水运工程, 2012(9): 110-113, 121.
- LIN X F, ZHANG X A, TAO P. Application of steel tube structure in navigation power for port [J]. Port & waterway engineering, 2012(9): 110-113, 121.
- [9] 赵步峦, 赵飞波. 谈北方港口冬季冰期船舶操纵和靠泊技巧[J]. 航海技术, 2006(6): 10-11.
- ZHAO B L, ZHAO F B. Discussion on ship handling and berthing techniques in northern ports during ice periods[J]. Marine technology, 2006(6): 10-11.
- [10] 王有良, 田瑞巍, 唐成港. 浅谈莱州港冬季浮冰期大型船舶进港靠泊操纵[J]. 中国水运(下半月), 2013, 13(10): 7-8, 10.
- WANG Y L, TIAN R W, TANG C G. Discussion on berthing operation of large ships in Laizhou Port during winter ice floe period [J]. China water transport (the second half of the month), 2013, 13(10): 7-8, 10.
- [11] 张金善, 李鑫, 章卫胜. 寒潮风暴潮对渤海湾航行条件影响的初步研究[C]//国际航运协会 2008 年会暨国际航运技术研讨会. 北京: 中国水运建设行业协会, 2008.
- ZHANG J S, LI X, ZHANG W S. Preliminary study on the impact of cold wave storm surges on navigation conditions in Bohai Bay [C]//PIANC 2008 Annual Conference & International Navigation Technology Symposium. Beijing: China Water Transportation Construction Association, 2008.
- [12] 赵步峦, 赵飞波. 谈北方港口冬季冰期船舶操纵和靠泊技巧[J]. 航海技术, 2006(6): 10-11.
- ZHAO B L, ZHAO F B. Discussion on ship handling and berthing techniques in northern ports during ice periods[J]. Marine technology, 2006(6): 10-11.
- [13] 王剑, 吕英龙, 刘春. 黄骅港煤炭港区 7 万吨级船舶双向通航航道导标优化配布设计[J]. 水运管理, 2017, 39(2): 32-34.
- WANG J, LYU Y L, LIU C. Optimal layout design of navigation marks for 70,000-ton ships in two-way navigation channel in Huanghua Port coal port area[J]. Shipping management, 2017, 39(2): 32-34.
- [14] 海港总体设计规范: JTS 165—2025[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2025.
- Design code of general layout for sea ports: JTS 165-2025[S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2025.
- [15] 张云峰. 几种船舶定位方法在天津港引航作业中的应用[J]. 天津航海, 2011(4): 10-12.
- ZHANG Y F. Application of several ship positioning methods in pilotage operation of Tianjin Port [J]. Navigation of Tianjin, 2011(4): 10-12.

(本文编辑 赵娟)