

中俄码头设计规范关于港口平面布置对比

高 鹏，赵传刚，潘柏安

(中交第二航务工程勘测设计院有限公司，湖北 武汉 430060)

摘要：介绍俄罗斯港口设计规范 *Standards for the design of sea channels, fairways and maneuvering areas* 中有关港口平面布置的设计方法，通过案例计算，分析与中国《海港总体设计规范》之间的设计差异，发现中俄规范中对港口平面布置有较大的相似之处，但对于港池宽度、停泊水域宽度和航道宽度等部分有差异，对类似实际工程应用有指导意义。

关键词：泊位长度；港池宽度；口门宽度；航道宽度

中图分类号：U65

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2023)07-0089-06

Comparison of port plane layouts in design codes of China and Russia

GAO Peng, ZHAO Chuangang, PAN Baian

(CCCC Second Harbor Consultant Co., Ltd., Wuhan 430060, China)

Abstract: This paper introduces the design method of the port plane layout in the Russian port design code, namely *Standards for the design of sea channels, fairways and maneuvering areas* and analyzes the design differences between the Russian code and the Chinese code, namely *Design Code of General Layout for Sea Ports* through the case calculation. There are similarities between the two codes in terms of port plane layout, while differences in the basin width, berthing water width, and channel width remain, which is of guiding significance for similar practical engineering applications.

Keywords: length of berth; basin width; entrance width; channel width

随着中国参与海外码头工程的增多，对于各国和地区港口码头规范的研究也日益深入，目前关于国际航运协会规范、西班牙规范、日本规范的对比研究已富有成果^[1-3]，但对于俄罗斯规范的研究却相对较少。现将 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[4]和 *Standards for the design of sea channels, fairways and maneuvering areas* 规范^[5]中，港口平面尺度部分的设计方法进行介绍和分析，通过案例研究，总结俄罗斯规范有关港口平面尺度的详

细计算方法，本文仅对港口平面尺度部分进行分析。

1 泊位长度

中国规范中泊位尺度由船长 L 和富余长度 d 组成，各类情况下富余长度见表 1，折线布置船长系数见表 2。俄罗斯规范计算方法与国标相似，但未考虑船长系数，将所有富余均考虑在富余长度 d 和 e 中，且 d 取值有所区别，见表 3。

表 1 中国规范富余长度 d 推荐取值

船长 L/m	<40	41~85	86~150	151~200	201~230	231~280	281~320	>320
富余长度 d/m	5	8~10	12~15	18~20	22~25	26~28	30~33	35~40

注：直立式码头与斜坡式护岸的夹角大于 90°时，靠近护岸处的富余长度应扩大 50%。

收稿日期：2022-09-07

作者简介：高鹏（1985—），男，硕士，高级工程师，从事港口与航道工程设计、咨询等工作。

表 2 中国规范折线布置船长系数推荐取值

岸壁间夹角/(°)	折线布置船长系数			
	双侧靠船		单侧靠船	
	>5 000 DWT	≤5 000 DWT	>5 000 DWT	≤5 000 DWT
60	1.45	1.55	1.30	1.40
70	1.35	1.40	1.25	1.30
90	1.25	1.30	1.20	1.25
120	1.15	1.20	1.13	1.18
150	1.10	1.15	1.10	1.15

表 3 中, 工况 1 为常规端部泊位; 工况 2 为直立式码头 90° 夹角布置; 工况 3 为直立式码头与

表 3 俄罗斯规范富余长度推荐取值

船长/m	中间泊位富余长度 d/m									端部泊位富余长度 e/m									
	直线布置	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8	直线布置	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8	工况 9
<100	10	10	15	15	10	10	20	20	10	10	10	15	15	15	15	20	20	10	10
100~150	15	15	20	20	15	15	30	30	15	15	15	20	20	20	20	30	30	15	10
151~200	20	20	25	25	15	15	40	40	15	15	15	20	20	20	20	50	40	15	15
201~300	25	25	30	30	20	20	50	50	20	20	20	30	30	30	30	60	50	20	15
>300	30	30	45	40	30	25	-	-	30	30	30	30	30	30	30	60	30	20	20

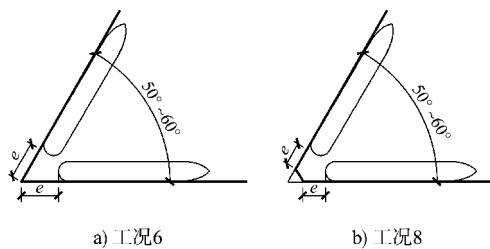


图 1 直立式码头泊位 50°~60° 夹角布置

以某项目为例, 分别采用中俄规范计算各段泊位长度, 对 2 段岸线进行对比, 见图 2。



图 2 某项目岸线布置

1) 岸线 1, 中俄规范计算泊位长度 L_b 分别为:

$$L_b = 2d + L + \xi L \quad (1)$$

$$L_b = 2d + 2L + e \quad (2)$$

2) 岸线 2, 中俄规范计算泊位长度 L_b 分别为:

$$L_b = d + \xi L \quad (3)$$

斜坡式护岸 90° 夹角布置; 工况 4 为直立式码头 ≥ 120° 夹角布置; 工况 5 为直立式码头与斜坡式护岸 ≥ 120° 夹角布置; 工况 6 为直立式码头 50°~60° 夹角布置; 工况 7 为直立式码头与斜坡式护岸 50°~60° 夹角布置; 工况 8 为直立式码头 50°~60° 夹角布置, 且有倒角情况; 工况 9 为直立式码头与斜坡式护岸连续布置。工况 2、4、6、8, 还需要考虑船间距不小于 0.5 倍船宽。船长 >300 m 的船舶不容许按工况 6 布置, 但可调整为工况 8, 见图 1。

表 3 俄罗斯规范富余长度推荐取值

船长/m	中间泊位富余长度 d/m									端部泊位富余长度 e/m									
	直线布置	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8	直线布置	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8	工况 9
<100	10	10	15	15	10	10	20	20	10	10	10	15	15	15	15	20	20	10	10
100~150	15	15	20	20	15	15	30	30	15	15	15	20	20	20	20	30	30	15	10
151~200	20	20	25	25	15	15	40	40	15	15	15	20	20	20	20	50	40	15	15
201~300	25	25	30	30	20	20	50	50	20	20	20	30	30	30	30	60	50	20	15
>300	30	30	45	40	30	25	-	-	30	30	30	30	30	30	30	60	30	20	20

$$L_b = 2d + L + \xi L \quad (4)$$

式中: d 为中间泊位富余长度; e 为端部泊位富余长度; L 为设计船长; ξ 为船长系数, 取 1.125。

由式(1)~(4)可见, 中俄对于泊位长度的规定基本一致, 中国规范对于船长划分更加细致, 对于夹角布置要求更加严格。

2 停泊水域

中国规范要求停泊水域宽度宜为 2 倍设计船宽 B 。俄罗斯规范要求对于单个泊位, 停泊水域宽度不宜小于 2 倍设计船宽加拖轮拖缆长度 ΔB ; 对于多个泊位, 停泊水域宽度不宜小于 4 倍设计船宽加拖轮拖缆长度, 其中拖轮拖缆长度取值为: 停泊船舶 ≤ 5 000 DWT 时, ΔB 取 45 m; 停泊船舶 5 000~<1 万 DWT 时, ΔB 取 50 m; 停泊船舶 1 万~<3 万 DWT 时, ΔB 取 60 m; 停泊船舶 3 万~<6 万 DWT 时, ΔB 取 70 m; 停泊船舶 6 万~<10 万 DWT 时, ΔB 取 85~100 m; 停泊船舶 10 万~30 万 DWT 时, ΔB 取 100~130 m。

以某项目为例, 分别采用中俄规范计算停泊水域宽度, 对比见表 4。就停泊水域宽度而言, 俄

罗斯规范要求远高于中国规范。对于单个泊位的情况,俄罗斯是中国规范建议值的近3倍;对于

多个泊位的情况,二者差距为3倍以上,因此在俄罗斯项目中,需特别注意停泊水域尺度。

表4 中俄规范停泊水域宽度对比

设计船型	船舶主尺度(长×宽×满载吃水)/(m×m×m)	泊位数量/个	中国规范建议值/m	俄罗斯规范建议值/m
7.5万DWT散货船	228×32.3×14.2	1	64.6	149.6
2.0万DWT件杂货船	166×25.2×10.1	2	50.4	160.8

3 港池宽度

中国规范要求在顺岸布置情况下,考虑船舶掉头作业时港池宽度不宜小于 $1.5L+B$;在不考虑船舶掉头作业时,港池宽度可以减小至 $0.8L$ 。

对于突堤间的港池,考虑船舶掉头作业时港池宽度不宜小于 $2L$;在不考虑船舶掉头作业时港池宽度可以减小至 $0.8L\sim1.0L$ 。

俄罗斯规范要求对于顺岸布置的泊位,若不考虑掉头作业,则港池宽度需不小于 $3B$,如果泊位位于航道曲线段,港池宽度需扩大到 $5B$;若考虑掉头作业,港池宽度应为 $1.5L$ 。

对于突堤间的港池,俄罗斯规范定义了宽、窄两类港池,分别对应考虑和不考虑船舶掉头作业。对于窄港池,单侧单个泊位且单侧靠船时,最小港池宽度为 $2B+\Delta B$;单侧单个泊位且双侧侧靠船时,最小港池宽度为 $3B+\Delta B$;单侧2~3个泊位且单侧靠船时,最小港池宽度为 $4B+\Delta B$;单侧2~3个泊位且双侧靠船时,最小港池宽度为 $5B+\Delta B$;单侧大于3个泊位时,最小港池宽度需要额外考虑单向航道。对于宽港池,在单侧靠船情况下,港池宽度为 $2L+B$;在双侧靠船情况下,港池宽度为 $2L+2B$ 。

以某项目为例,分别采用中俄规范计算港池宽度,见表5。顺岸共布置3个泊位,分别为1个7.5万DWT散货泊位,2个2万DWT件杂货泊位。突堤港池双侧靠船,北侧为2个7.5万DWT散货泊位,南侧为3个2万DWT件杂货泊位。

表5 中俄规范港池宽度对比

规范	港池宽度/m			
	顺岸布置		突堤港池	
	考虑掉头	不考虑掉头	考虑掉头	不考虑掉头
中国规范建议值	374.3	182.4	456.0	182.4~228.0
俄罗斯规范建议值	342.0	96.9	513.5	246.5

在考虑掉头情况下,中俄规范计算规则基本一致,区别主要在于俄罗斯规范额外考虑了1倍船宽,因此建议值稍大。对于不考虑掉头的情况,俄罗斯规范与PIANC及西班牙规范类似,但与中国规范计算方法不同,结果差异较大,俄罗斯规范港池宽度仅与船宽有关,而与船长无关。

4 回旋水域

中国规范要求回旋水域直径根据水域条件和船舶情况,取 $1.5L\sim3.0L$,具体包括:

- 掩护条件较好,水流不大,有拖轮辅助时,回旋圆直径取 $1.5L\sim2.0L$;
- 掩护条件较差时,回旋圆直径取 $2.5L$;
- 允许借码头或转头墩协助掉头的水域,回旋圆直径取 $1.5L$;
- 无侧推且无拖轮协助时,回旋圆直径取 $2.0L\sim3.0L$;

俄罗斯规范对于回旋水域分为若干情况,回旋水域直径从 $1.5L\sim3.5L$ 不等,具体包括:

- 回旋水域紧邻窄港池口门布置为半圆形,半径为 $1.5L$,见图3a)、b);
- 回旋水域距离窄港池口门稍远则布置为圆形,直径不小于 $2L$,见图3c);

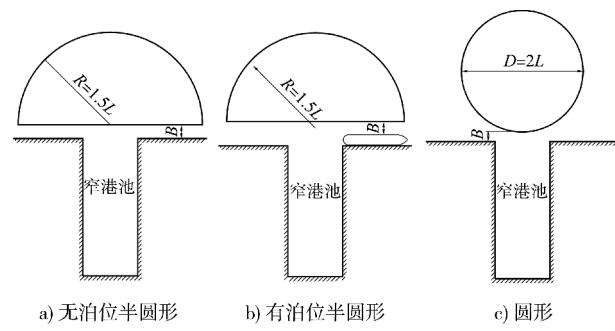


图3 窄港池情况回旋水域布置

3) 对于开敞水域且没有拖轮辅助情况下, 回旋水域直径取 $3.5L$;

4) 对于有拖轮辅助作业情况下, 回旋圆直径不得小于 $2L$ 。

由此可见, 中俄规范对于回旋水域要求相近。

5 制动水域

中国规范要求制动水域宜设置在进港方向的直线上, 或半径不小于 $3L \sim 4L$ 的曲线上, 制动距离在满载情况下可取 $4L \sim 5L$, 压载情况下可取 $3L \sim 4L$, 对于超大型散货船以及航行条件复杂的港口, 制动距离可适当加大。

俄罗斯规范对制动水域没有详细规定, 但要求码头口门至回旋水域之间不小于 $3.5L$, 该水域与制动水域功能相近。

6 口门

中俄规范对于口门有效宽度的定义一致, 但要求差异较大。中国规范要求口门有效宽度不宜小于 1 倍设计船长。俄罗斯规范要求口门有效宽度 b_{BX} 按式(5)计算, 存在冰期作业的港口可增加 $10\% \sim 15\%$:

$$b_{BX} = b_M + \sum_{i=1}^8 b_i + 2\Delta b_{BX} \quad (5)$$

式中: b_M 为基本航迹带宽度, 按照船舶操纵条件取 $1.3 \sim 1.8$ 倍船宽; b_i 为基于船舶航速(b_1)、横风因素(b_2)、横流因素(b_3)、纵流因素(b_4)、有效波高和波长因素(b_5)、底质因素(b_6)、航道深度(b_7)、货物危险等级(b_8)的富余宽度, 取值见表 6; Δb_{BX} 为基于口门处航道类型的富余宽度, 取值见表 7。当航道水深大于 1.5 倍满载吃水时, 无论底质条件如何, b_6 均取 0。

以某项目 5 万 DWT 散货船为例, 采用俄罗斯规范计算口门宽度, 见表 8。俄罗斯规范关于口门的计算和航道宽度基本一致, 得到的口门宽度远小于国标要求的 1 倍船长 223 m。

表 6 俄罗斯规范富余宽度 b_i 建议值

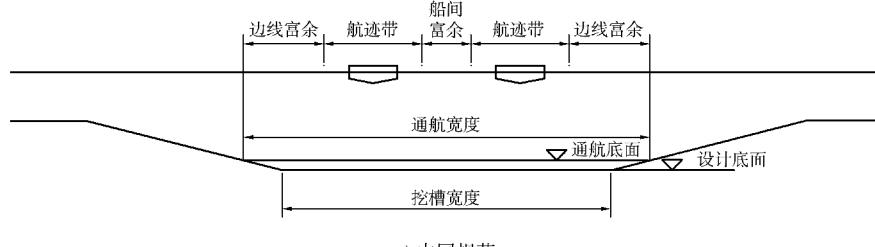
影响因素	航速 条件	富余宽度 b_i	
		港外航道	港内航道
	高速, >12 kn	-	0.1B
	中速, $8 \sim 12$ kn	-	0
	低速, <8 kn	-	0
	<7.00 m/s	不限	0
		高速	0.3B 不容许
	$7.00 \sim 15.00$ m/s	中速	0.4B 0.4B
横风		低速	0.5B 0.5B
		高速	0.6B 不容许
	>15.00 m/s	中速	0.8B 0.8B
		低速	1.0B 1.0B
	<0.10 m/s	不限	0 0
		高速	0.1B 不容许
横流	$0.10 \sim <0.25$ m/s	中速	0.2B 0.1B
		低速	0.3B 0.2B
		高速	0.5B 不容许
	$0.25 \sim 0.80$ m/s	中速	0.7B 0.5B
		低速	1.0B 0.8B
		高速	0.7B
纵流		中速	1.0B 不容许
		低速	1.3B
	<0.80 m/s	不限	0 0
		高速	0 不容许
波浪	$0.80 \sim 1.50$ m/s	中速	0.1B 0.1B
		低速	0.2B 0.2B
		高速	0.1B 不容许
	>1.50 m/s	中速	0.2B 0.2B
		低速	0.4B 0.4B
	$H_s < 1.5$ m, 波长小于船长	不限	0 0
底质		高速	2.0B
	$1.5 \leq H_s \leq 3.0$ m, 波长等于船长	中速	1.0B 0
		低速	0.5B
		高速	3.0B
航道 水深	$H_s > 3.0$ m, 波长大于船长	中速	2.2B 0
		低速	1.5B
	粉土-松散的砂	不限	0.1B 0.1B
	密实的砂、硬黏土、碎石土、岩石	不限	0.2B 0.2B
货物 危险性	>1.50 倍满载吃水	不限	0 0
	$1.15 \sim 1.50$ 倍满载吃水	不限	0.1B 0.2B
	<1.15 倍满载吃水	不限	0.2B 0.4B
货物 危险性	低风险	不限	0 0
	中风险	不限	0.5B 0.4B
	高风险	不限	1.0B 0.8B

表7 俄罗斯规范富余宽度 Δb_{BX} 建议值

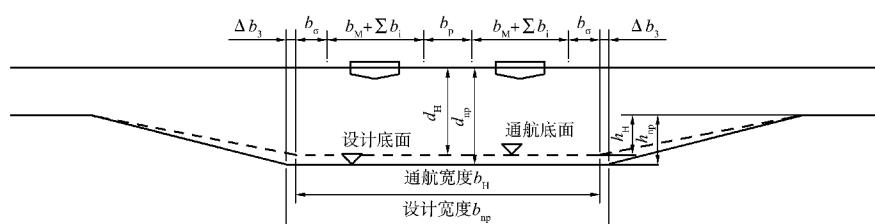
航道类型	船舶航速	Δb_{BX}
不需疏浚的天然航道	不限	1.0B
	高速	0.7B
需要部分疏浚的浅水航道	中速	0.5B
	低速	0.3B
	高速	1.3B
整个航道断面完全由疏浚开挖形成的运河航道	中速	1.0B
	低速	0.5B

表8 俄罗斯规范口门宽度计算

组成要素	项目条件	取值
基本航迹带宽度 b_M	散货船操纵性判定为差	1.8B
航速富余宽度 b_1	进港航速为 6 kn	0
横风富余宽度 b_2	横风风速 8.0 m/s	0.4B
横流富余宽度 b_3	横流流速 0.5 m/s	0.5B
纵流富余宽度 b_4	纵流流速 1.0 m/s	0.1B
波浪富余宽度 b_5	有效波高 3 m 波长 90 m	0
底质富余宽度 b_6	底质为松散的砂混黏土	0.1B
水深富余宽度 b_7	水深约为 1.1 倍满载吃水	0.4B
危险货物富余宽度 b_8	煤炭为低风险货物	0
航道类型富余宽度 Δb_{BX}	浅水航道, 中等航速	0.5B×2
总计		4.3B



a) 中国规范



b) 俄罗斯规范

图4 航道设计尺度

俄罗斯规范对于普通浅水进港航道, 单向航道的通航宽度 b_H 按照式(9)计算, 双向航道的 b_H 按照式(10)计算。

$$b_H = b_M + \sum_{i=1}^8 b_i + 2b_\sigma \quad (9)$$

7 进港航道

中俄两国规范对于航道宽度均分为通航宽度和挖槽宽度(或设计宽度), 但定义有所不同。国标中挖槽宽度为通航宽度在通航底面高程基础上, 向下根据疏浚边坡延伸到设计底面, 而俄罗斯规范要求设计宽度在通航宽度的基础上额外考虑 1 个边坡富余, 见图 4。

中国规范对于通航宽度 W 计算如式(6)(7), 对于航迹带宽度 A 计算如式(8):

$$W = A + 2C \quad (6)$$

$$W = 2A + b + 2C \quad (7)$$

$$A = n(L \sin \gamma + B) \quad (8)$$

式中: W 为航道通航宽度; 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富余宽度; n 为船舶漂移倍数; L 为设计船长; γ 为风、流压角; B 为设计船宽。

根据多种船型分析, L/B 为 5.0~6.5, γ 为 $7^\circ\sim10^\circ$ 时, 即 A 为 B 的 2.7~3.4 倍。

$$b_H = 2b_M + 2 \sum_{i=1}^8 b_i + 2b_\sigma + b_p \quad (10)$$

式中: b_σ 为船舶操纵边界与航道边界的富余宽度, 取值见表 9; b_p 为船舶间富余宽度, 即船速和通航密度有关的取值之和, 见表 10。

表 9 俄罗斯规范安全富余宽度 b_σ 建议值

航道类型	船舶航速	b_σ
天然航道、浅水航道	高速	0.7B
	中速	0.5B
	低速	0.3B
运河航道	高速	1.3B
	中速	1.0B
	低速	0.5B

表 10 俄罗斯规范船舶间富余宽度 b_p 取值

影响因素	船舶间富余宽度 b_p	
	港外航道	港内航道
船舶航速	高速, >12 kn	2.0B
	中速, 8~12 kn	1.6B
	低速, <8 kn	1.2B
船舶密度	低密度, 每小时通行小于 1 艘船	0
	中等密度, 每小时通行 1~3 艘船	0.2B
	高密度, 每小时通行大于 3 艘船	0.5B
		1.0B

俄罗斯规范对于航道设计宽度 b_{np} , 按式(11)计算:

$$b_{np} = b_H + 2 \Delta b_3 \quad (11)$$

$$\text{其中: } \Delta b_3 = h_H (\varphi_1 - \varphi) \quad (12)$$

式中: b_H 为通航宽度; Δb_3 为边坡富余宽度; h_H 为通航水深对应的疏浚深度; φ_1 为疏浚土相关系数; $\varphi = \varphi_1/a$, a 为疏浚深度相关常数, 取值见表 11。

表 11 系数 a 取值

h_H / m	<1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	>5.0
a	2.00	1.93	1.86	1.79	1.71	1.64	1.57	1.50

综上, 俄罗斯规范通航宽度计算与 PIANC 基本一致, 中国规范的航迹带宽度将俄罗斯规范的基本航迹带和若干富余宽度(除操纵边界富余以外)一并统筹考虑, 这是计算上的较大差异, 但主要组成一致, 主要差异体现在挖槽(设计)宽度方面。

以某单向航道为例, 工程区域基本工况为: 横风小于 7 级, 横流流速 0.40 m/s, 疏浚深度约 5 m, 疏浚土为细砂, 海底坡度 $i=0.02$, 船型为 5 万 DWT 散货船, 船型尺度为 223 m×32.3 m×12.8 m, 航道设计水深为 14.8 m, 通航水深为 14.4 m。

采用俄罗斯规范计算, 航道通航宽度为 145.35 m; 边坡富余宽度为 13.00 m; 航道设计宽度为 171.35 m。根据中国规范计算, 航道通航宽度为 148.96 m, 航道设计宽度为 144.96 m。

从计算结果看, 中俄规范的航道通航宽度组成基本一致, 计算结果相近。但对于设计宽度而言, 俄罗斯规范的通航宽度在含边界富余的基础上, 额外考虑了边坡富余宽度, 而中国规范中该富余宽度只与疏浚边坡和备淤有关, 因此俄罗斯规范计算结果偏大。

8 结论

- 1) 俄罗斯规范在泊位长度、回旋水域和考虑掉头情况下的港池宽度 3 个方面的计算方法与中国规范基本一致, 计算结果相近。
- 2) 对于停泊水域宽度, 俄罗斯规范考虑拖轮拖缆长度, 取值远大于中国规范要求。
- 3) 对于不考虑掉头情况下的港池宽度, 俄罗斯规范在单侧靠船情况下建议值偏低, 而双侧靠船情况下取值偏高, 计算方法与中国规范有所区别。
- 4) 俄罗斯规范对制动水域没有详细规定, 但要求码头口门至回旋水域设置不小于 3.5 倍船长的水域, 功能上与制动水域相近。
- 5) 对于口门宽度, 俄罗斯规范的计算方法与航道宽度相似, 其推荐宽度明显小于中国规范推荐值。
- 6) 俄罗斯规范对于航道通航宽度的计算与 PIANC 基本一致, 但对于设计航道宽度的规定与中国规范、PIANC 均有一定差异, 由于考虑了边坡富余宽度, 导致其设计航道宽度偏大。

参考文献:

- [1] 王立锋, 谷文强. 突堤间港池或挖入式港池宽度设计方法研究[J]. 中国水运(下半月), 2017, 17(7): 200-203.
- [2] 肖鑫, 卢昭. 国内外海港航道宽度设计方法对比[J]. 水运工程, 2016(10): 162-168, 173.
- [3] 聂细亮. 中日港口航道宽度设计标准比较研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2010.
- [4] 中交水运规划设计有限公司, 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 海港总体设计规范: JTS 165—2013 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
- [5] Technical Committee for Standardization TC 318. Standards for the design of sea channels, fairways and maneuvering areas: SP 444.1326000.2019 [S]. Moscow: Moscow Standartinform, 2019.

(本文编辑 赵娟)