

· 视 角 ·



基于风、流压偏角的航道通航宽度计算研究

储小欢¹, 杨国平¹, 付博新¹, 张鹏¹, 吴卫兵², 李业³

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 大连海事大学, 辽宁 大连 116026;
3. 天津港引航中心, 天津 300456)

摘要: 针对 JTS 165—2013《海港总体设计规范》中航道通航宽度计算未涵盖横流流速超过 1.0 m/s 和横风大于 7 级时的风、流压偏角 γ 和船舶漂移倍数 n 的取值问题, 进行 γ 的概念和计算研究, 拟合 n 和 γ 的关系, 建立通过输入风速和流速计算 γ 的理论模型, 对典型代表船型进行计算, 并通过操船试验的模拟结果和既有规范的取值对计算结果进行对比验证分析计算, 证明 γ 的理论模型的准确性和合理性, 分析得出 γ 的影响因素和变化规律。在兼容既有规范的基础上扩展完善了横流流速 $>1.0\sim 1.5$ m/s 和横风 $>7\sim 9$ 级时的 γ 和 n 取值, 相关成果已纳入 JTS 165—2025《海港总体设计规范》, 为沿海港口的航道的设计计算提供指导和借鉴。

关键词: 海港; 总体设计; 航道通航宽度; 风、流压偏角; 理论模型; 操船试验

中图分类号: U652.7+1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2026)03-0001-09

Wind and current drift angles-based calculation of navigable channel width

CHU Xiaohuan¹, YANG Guoping¹, FU Boxin¹, ZHANG Peng¹, WU Weibing², LI Ye³

(1. CCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2. Dalian Maritime University, Dalian 116026, China; 3. Tianjin Port Pilot Center, Tianjin 300456, China)

Abstract: The navigable channel width calculation in JTS 165-2013 *Design Code for General Layout for Sea Ports* does not cover the values of wind and current drift angles γ and the ship drift factor n under conditions where cross-current exceeds 1.0 m/s and crosswind exceeds Force 7. A study is conducted on the concept and calculation of γ . The relationship between n and γ is fitted, and a theoretical model for determining γ by inputting wind speed and current velocity is built. Calculations are performed for typical representative ship types, and the results are compared and validated against ship maneuvering simulator tests and existing code values. This demonstrated the accuracy and legitimacy of the theoretical model for calculating γ . The influencing factors and variation patterns of γ are analyzed. Building on the existing code, the values for γ and n are extended and refined for conditions where velocity of cross-current is 1.0(not included)–1.5 m/s and crosswind is Force 7(not included)–9. The relevant findings have been incorporated into JTS 165-2025 *Design Code for General Layout for Sea Ports*, providing guidance and reference for the design and calculation of navigation channels in coastal ports.

Keywords: sea port; general layout design; navigable channel width; wind and current drift angles; theoretical model; ship maneuvering simulator test

关于航道通航宽度的计算, 国内和国外规范的计算模式和组成基本相同, 均是航迹带宽度(基本宽度)和风、浪、流等因素引起的附加宽度(富余

宽度)组成。国外规范, 如国际航运协会指南^[1]、美国相关手册和指南^[2-4]、加拿大规范^[5]、日本规范^[6]、西班牙规范^[7]等航道基本宽度取值均为船长

收稿日期: 2025-10-30 录用日期: 2025-12-26

作者简介: 储小欢(1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口工程设计工作。

或船宽的某一倍数；中国的 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[8] 基于风力和横流对应的风、流压偏角和船舶漂移倍数计算航迹线宽度，进而计算航道通航宽度。

JTS 165—2013《海港总体设计规范》与 JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》^[9] 中有关航道通航宽度计算方法来源于当年的规范编写组选择有代表性的港口航道，采用陆上测绘仪器，根据不同的自然条件，分别连续观测不同船型的运行方位和轨迹，绘制各测点的船位图和航迹线，统计特定条件下风、流压偏角和航迹线宽度；然后根据大量的行船航迹，绘制航迹包络线作为航迹带宽度，推导经验公式，进行航道通航宽度设计。通过实测资料和有关港口实践经验证明，引起满载船舶航行偏角的主要动力因素是水流作用，其次是风，所以 JTS 165—2013《海港总体设计规范》采用横风、横流作用确定压偏角。对于空载或压载船舶通行的航道，按空船风、流压偏角计算航迹带宽度。但是 JTS 165—2013《海港总体设计规范》中有关航道通航宽度的计算未涵盖横流超过 1.0 m/s 和横风大于 7 级的情形。

JTS 165—2013《海港总体设计规范》修订征求意见时，收到有关航道通航宽度计算方面反馈：一些航道建设和使用单位提出越来越多的航道选址超出规范规定的横流流速限值 1.0 m/s，希望新版规范中横流流速限值能拓展至 1.5 m/s；另外目前规范中航道通航宽度计算仅适用于“横风 ≤ 7 级”的情况，对于横风大于 7 级的情况现行规范不适用，且与现行规范中 9 级风离泊的标准也不匹配^[10-11]。

国际航运协会指南给出了最大横风小于 9 级、最大横流不超过 1.0 m/s 的航道宽度计算方法、考虑的因素和建议的取值；美国相关手册和指南给出了最大流速 1.5 m/s 的单双向航道宽度计算取值；加拿大规范考虑了大于 7 级横风所需的附加宽度。

肖鑫等^[12]在 2016 年对比了国内外海港航道宽度的计算方法，对比分析在不同横流、横风、航

速情况下典型的集装箱船和油轮的单向、双向航道宽度计算结果。对于复杂条件下的航道通航宽度确定还要依靠操船试验进行模拟验证。边晓丽等^[13]在 2013 年通过系列模拟试验分析风、流压偏角等参数对航迹带宽度的影响；基于试验的统计分析，运用线性回归方法提出航迹带宽度的计算方法。黄伟杨等^[14]在 2021 年基于船舶操纵模拟器，通过采集模拟试验仿真数据，采用将船舶航迹带宽度分为航线偏移量和船舶本身占用空间直接计算航迹带宽度的方法。

李业^[15]在 2017 年分析国内外规范在设计航道宽度时考虑的主要因素，建立在强风流影响下船舶在航道中航行时所需航道宽度的理论计算方法，计算不同条件下的风、流压偏角及航迹带宽度数值，并与操船模拟试验进行对比分析，确定了不同船型和不同试验条件下合理的航迹带宽度值和风、流压偏角。

针对 JTS 165—2013《海港总体设计规范》中航道通航宽度计算未涵盖横流超过 1.0 m/s 和横风大于 7 级时的风、流压偏角 γ 和船舶漂移倍数 n 的取值问题，本文拟通过追溯 JTS 165—2013《海港总体设计规范》编制的过程，对其条文编制的原则和机理进行系统梳理，线性回归拟合 n 和 γ 的关系，利用横风、横流计算风、流压偏角的理论模型及其计算验证，分析 γ 的影响因素和变化规律。在兼容 JTS 165—2013《海港总体设计规范》的基础上扩展完善了横流 $> 1.0 \sim 1.5$ m/s 和横风 $> 7 \sim 9$ 级时的 γ 和 n 取值，为 JTS 165—2025《海港总体设计规范》^[16] 相关条文制订提供技术支撑。

1 通航宽度计算中的风、流压偏角参数研究

1.1 风、流压偏角概念

船舶在外界作用力的影响下在航道中航行，为保证船舶稳定地航行在航道中心线附近，需要通过操舵调整船舶的航向，进而导致船舶重心处的首尾线与船舶的实际运动轨迹产生一个夹角 γ ，由于风产生的压偏角 α 和由于流产生的压偏角 β 共同组成风、流压偏角 γ ，即 $\gamma = \alpha + \beta$ ，流产生的

压偏角见图1, 由于风产生的压偏角与其相似, 压偏角又称压差角。

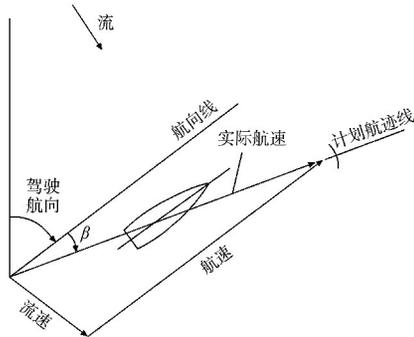


图1 流压偏角

Fig. 1 Current drift angle

JTS 165—2013《海港总体设计规范》第6.4.2条给出了航道航迹线宽度的计算公式, 除了设计船型的特征参数设计船长 L 、设计船宽 B 之外, 另外两个参数是漂移倍数 n 和风、流压偏角 γ , 其建议的取值见表1。

表1 船舶漂移倍数 n 和风、流压偏角 γ 取值
Tab. 1 Values for ship drift factor n , wind and current drift angles γ

风力	$v/(m \cdot s^{-1})$	n	$\gamma/(^\circ)$
	$v \leq 0.10$	1.81	3
	$0.10 < v \leq 0.25$	1.75	5
横风 ≤ 7 级	$0.25 < v \leq 0.50$	1.69	7
	$0.50 < v \leq 0.75$	1.59	10
	$0.75 < v \leq 1.00$	1.45	14

注: v 为横流流速。

分析 n 和 γ 的关系, 通过表1数据的线性回归分析, 可拟合出如下关系式:

$$n = 1.914 - 0.033\gamma \quad (1)$$

式(1)的相关性系数 $R = -0.99937$, 负线性相关性好, 由此两者的相互关系可以看出风、流压偏角是研究的关键。

1.2 风、流压偏角的计算原理

1.2.1 风压偏角的计算原理

根据文献[15]的推导结果, 风压偏角 α 的计算公式为:

$$\alpha = \arctan \left[\eta K \sqrt{B_a/B_w} \sqrt{v_s^2 + v_t^2} e^{-0.14v_s} / v_s \right] \quad (2)$$

式中: η 为浅水修正系数, 取值见表2; K 为系数, 一般取 $0.038 \sim 0.041$; B_a 为船舶水线上受风面积, m^2 ; B_w 为船舶水线下投影面积, m^2 ; v_s 为船速, m/s ; v_t 为真风的风速, m/s 。

表2 浅水修正系数 η

Tab. 2 Correction factor η for shallow water

H/d	普通船舶	超大型船舶
1.1	0.6	0.5
1.5	0.7	0.6
2.0	0.8	0.7

注: H 为水深, d 为吃水。

1.2.2 流压偏角的计算原理

流偏差角是指船舶在只受流的影响下, 船舶航迹向与船舶真航向之间的夹角, 常用 β 表示, 参照文献[15], 在横流影响下, 其大小可表示为:

$$\beta = \arctan(v_c/v_s) \quad (3)$$

式中: v_c 为沿航道宽度方向上的流速分量, kn 。

2 算例

2.1 计算输入

根据第1节风压偏角的概念和计算原理, 本文特选定5万、10万、20万吨级集装箱船, 5万、10万、20万吨级散货船, 以及5万、10万、20万吨级油船共9种船型, 分别在空载和压载两种状态下, 航速在8、10、12 kn , 在不同风力(7、8、9级)、不同流速(1、2、3 kn)条件下计算风压偏角 α 、流压偏角 β 以及风、流压偏角 γ 。

输入的参数包括船舶吨级、船舶总长 L 、船舶吃水 d 、船舶水线上受风面积 B_a 等, 其中压载状态的船舶吃水 d 通过 JTS 165—2013《海港总体设计规范》附录 A.0.3 的公式进行差值换算。散货船和油船的船舶水线下投影面积参照附录 A.0.5 的公式进行计算, 集装箱船的船舶水线下投影面积 B_w 近似于船舶总长与船舶吃水之积。系数 K 统一取 0.04, 浅水修正系数 η 根据 H/d 插值选取。7、8、9级风的风速分别统一取 16、19、22 m/s 。

2.2 计算结果及分析

计算得到各个工况的风、流压偏角结果见表3~5。

表 3 集装箱船在不同工况条件下的风、流压偏角计算结果

Tab. 3 Calculation results of wind and current drift angles for container ships under different working conditions

航速/kn	风力/级	流速/kn	$\gamma/(\circ)$					
			满载			压载		
			5 万吨级	10 万吨级	20 万吨级	5 万吨级	10 万吨级	20 万吨级
8	7	1	9.19	9.27	9.39	11.52	11.90	12.46
		2	15.93	16.01	16.13	18.26	18.64	19.20
		3	22.30	22.38	22.51	24.64	25.02	25.58
	8	1	9.59	9.68	9.83	12.33	12.77	13.43
		2	16.33	16.42	16.56	19.07	19.51	20.17
		3	22.70	22.79	22.94	25.44	25.89	26.55
	9	1	9.99	10.10	10.26	13.14	13.65	14.41
		2	16.73	16.83	17.00	19.88	20.39	21.14
		3	23.10	23.21	23.38	26.25	26.76	27.52
10	7	1	7.14	7.20	7.29	8.79	9.06	9.45
		2	12.60	12.65	12.74	14.24	14.51	14.91
		3	17.86	17.91	18.00	19.50	19.77	20.17
	8	1	7.42	7.48	7.58	9.34	9.65	10.12
		2	12.87	12.93	13.04	14.79	15.11	15.57
		3	18.13	18.19	18.29	20.05	20.37	20.83
	9	1	7.69	7.76	7.88	9.90	10.26	10.79
		2	13.14	13.22	13.33	15.35	15.71	16.24
		3	18.40	18.48	18.59	20.61	20.97	21.50
12	7	1	5.80	5.84	5.91	7.01	7.21	7.50
		2	10.37	10.42	10.48	11.59	11.78	12.08
		3	14.83	14.87	14.94	16.04	16.24	16.54
	8	1	5.99	6.04	6.12	7.41	7.64	7.98
		2	10.57	10.61	10.69	11.98	12.21	12.55
		3	15.03	15.07	15.15	16.44	16.67	17.01
	9	1	6.19	6.24	6.33	7.80	8.07	8.46
		2	10.76	10.82	10.90	12.38	12.64	13.03
		3	15.22	15.28	15.36	16.83	17.10	17.49

表 4 油船在不同工况条件下的风、流压偏角计算结果

Tab. 4 Calculation results of wind and current drift angles for tankers under different working conditions

航速/kn	风力/级	流速/kn	$\gamma/(\circ)$					
			满载			压载		
			5 万吨级	10 万吨级	20 万吨级	5 万吨级	10 万吨级	20 万吨级
8	7	1	9.69	9.64	9.59	13.26	13.22	13.18
		2	16.43	16.38	16.33	20.00	19.96	19.92
		3	22.80	22.75	22.70	26.38	26.33	26.29
	8	1	10.18	10.11	10.06	14.37	14.32	14.27
		2	16.91	16.85	16.80	21.11	21.05	21.01
		3	23.29	23.23	23.17	27.48	27.43	27.38
	9	1	10.66	10.59	10.53	15.48	15.42	15.36
		2	17.40	17.33	17.27	22.22	22.16	22.10
		3	23.78	23.71	23.64	28.59	28.53	28.48

续表4

航速/kn	风力/级	流速/kn	$\gamma/(\circ)$					
			满载			压载		
			5万吨级	10万吨级	20万吨级	5万吨级	10万吨级	20万吨级
10	7	1	7.50	7.46	7.42	10.02	9.99	9.96
		2	12.95	12.91	12.88	15.47	15.44	15.41
		3	18.21	18.17	18.14	20.73	20.70	20.67
	8	1	7.83	7.79	7.74	10.78	10.74	10.71
		2	13.28	13.24	13.20	16.23	16.20	16.16
		3	18.54	18.50	18.46	21.49	21.46	21.42
	9	1	8.16	8.11	8.07	11.55	11.50	11.47
		2	13.62	13.57	13.52	17.00	16.96	16.92
		3	18.88	18.83	18.78	22.26	22.22	22.18
12	7	1	6.06	6.03	6.01	7.92	7.90	7.88
		2	10.63	10.61	10.58	12.49	12.47	12.45
		3	15.09	15.07	15.04	16.95	16.93	16.91
	8	1	6.30	6.26	6.24	8.46	8.43	8.41
		2	10.87	10.84	10.81	13.03	13.01	12.98
		3	15.33	15.30	15.27	17.49	17.47	17.44
	9	1	6.53	6.50	6.47	9.01	8.98	8.95
		2	11.11	11.07	11.04	13.58	13.55	13.53
		3	15.57	15.53	15.50	18.04	18.01	17.98

表5 散货船在不同工况条件下的风、流压偏角计算结果

Tab. 5 Calculation results of wind and current drift angles for bulk carriers under different working conditions

航速/kn	风力/级	流速/kn	$\gamma/(\circ)$					
			满载			压载		
			5万吨级	10万吨级	20万吨级	5万吨级	10万吨级	20万吨级
8	7	1	9.88	9.70	9.53	13.75	13.56	13.38
		2	16.62	16.44	16.26	20.49	20.30	20.11
		3	23.00	22.81	22.64	26.87	26.68	26.49
	8	1	10.40	10.18	9.98	14.94	14.72	14.50
		2	17.14	16.92	16.72	21.68	21.46	21.24
		3	23.52	23.30	23.10	28.06	27.83	27.62
	9	1	10.93	10.68	10.44	16.13	15.88	15.63
		2	17.66	17.41	17.18	22.87	22.62	22.37
		3	24.04	23.79	23.56	29.25	28.99	28.74
10	7	1	7.63	7.50	7.38	10.37	10.23	10.10
		2	13.09	12.95	12.83	15.82	15.69	15.55
		3	18.34	18.21	18.09	21.08	20.94	20.81
	8	1	7.99	7.83	7.69	11.19	11.03	10.87
		2	13.44	13.29	13.15	16.64	16.48	16.33
		3	18.70	18.55	18.41	21.90	21.74	21.59
	9	1	8.35	8.17	8.01	12.01	11.83	11.65
		2	13.80	13.62	13.46	17.46	17.28	17.11
		3	19.06	18.88	18.72	22.72	22.54	22.37

续表5

航速/kn	风力/级	流速/kn	$\gamma/(\circ)$					
			满载			压载		
			5万吨级	10万吨级	20万吨级	5万吨级	10万吨级	20万吨级
12	7	1	6.16	6.06	5.98	8.18	8.08	7.98
		2	10.73	10.64	10.55	12.75	12.65	12.55
		3	15.19	15.10	15.01	17.21	17.11	17.01
	8	1	6.41	6.30	6.20	8.76	8.64	8.53
		2	10.99	10.87	10.77	13.33	13.22	13.10
		3	15.44	15.33	15.23	17.79	17.68	17.56
	9	1	6.67	6.54	6.42	9.35	9.22	9.09
		2	11.24	11.11	10.99	13.92	13.79	13.66
		3	15.70	15.57	15.45	18.38	18.25	18.12

由表3~5可以看出: 1) 对于集装箱船、散货船或油船的某一类型船舶, 在其他条件都相同时, 随着航速从8、10到12 kn的逐步增大, 风、流压偏角逐步减小。2) 同一类型的船舶, 在相同的风、流条件下, 压载的风、流压偏角大于满载。3) 同一类型的船舶, 在相同的装载度、航速和流条件下计算得到的压偏角基本相同, 与船舶吨级无明显关联。4) 不同类型的船舶, 在相同的航速和流条件下计算得到的压偏角差别不大。5) 横流流速对风、流压偏角的影响比风速的影响更为敏感。在航速8 kn时, 横流流速保持不变的条件下, 7~9级风每提高1级, 风流压偏角增大1°左右; 风速保持不变的情况下, 1~3 kn流速每提高1 kn, 风流压偏角增大6°~7°。在航速10 kn时, 横流流速保持不变的条件下, 7~9级风每提高1级, 风流压偏角增大不到1°; 风速保持不变的情况下, 1~3 kn流速每提高1 kn, 风流

压偏角增大5°~6°。在航速12 kn时, 横流流速保持不变的条件下, 7~9级风每提高1级, 风流压偏角增大不到1°; 风速保持不变的情况下, 1~3 kn流速每提高1 kn, 风流压偏角增大4°~5°。

3 计算结果的验证

3.1 操船模拟验证

本文引用文献[15]提出的风流压偏角的计算理论, 文献[15]已通过操船模拟试验对理论计算结果进行了验证, 符合性较好, 证明了理论计算方法的正确性。

本文采用JTS 165—2013《海港总体设计规范》代表船型和船型参数(如船舶总长、吃水、水面上受风面积、水下受风面积)等对文献[15]的工况进行计算, 计算与模拟的结果也能较好地吻合。在风力8级、航速8 kn时, 横流流速0.5、1.0、1.5 m/s的条件下, 本文与文献[15]的计算结果对比见表6。

表6 本文理论计算值与文献[15]取值对比

Tab. 6 Comparison of theoretical calculation values in this paper and values from reference[15]

风力	横流/ ($m \cdot s^{-1}$)	文献[15]的风、 流压偏角取值/ (\circ)	本文计算的风、流压偏角/ (\circ)					
			集装箱船		散货船		油船	
			满载	压载	满载	压载	满载	压载
8级	0.5	11	9.59	13.43	9.98	14.94	10.06	14.37
	1.0	18	16.33	20.17	16.72	21.68	16.80	21.11
	1.5	25	22.70	26.55	23.10	28.06	23.17	27.48

为进一步验证本文采用的理论计算的结果,特委托大连海事大学进行17组操船模拟验证试验,在航速10 kn的状态下,试验选取不同典型代表船型,包括散货船、油轮和集装箱,其中散货船选取5万、10万、15万及20万吨级的压载载

态,油船选取10万吨级满载载态,集装箱船选取10万吨级满载和压载两个载态。试验的模拟工况及对应的模拟结果,以及相应的理论计算结果对比见表7。

表7 本文理论计算的风、流压偏角与模拟值对比

Tab. 7 Comparison of wind and current drift angles by theoretical calculation and simulated values in this paper

船型	载态	风力/级	流速/(m·s ⁻¹)	模拟值/(°)	计算值/(°)	模拟值-计算值/(°)
10万吨级集装箱	压载	9	1.00	13.90	15.71	-1.81
		8	1.00	13.80	15.11	-1.31
		7	1.00	12.90	14.51	-1.61
		9	1.25	17.00	18.37	-1.37
		9	1.50	20.10	20.97	-0.87
	满载	9	1.00	14.10	13.22	0.88
		9	1.25	16.20	15.88	0.32
		9	1.50	20.00	18.48	1.52
	5万吨级散货船	压载	9	1.00	14.70	17.46
10万吨级散货船	压载	9	1.00	13.30	17.28	-3.98
		9	1.25	15.90	19.94	-4.04
		9	1.50	19.30	22.54	-3.24
15万吨级散货船	压载	9	1.00	16.30	16.56	-0.26
20万吨级散货船	压载	9	1.00	14.20	17.11	-2.91
10万吨级油船	满载	9	1.00	12.40	13.57	-1.17
		9	1.25	14.90	16.23	-1.33
		9	1.50	18.50	18.83	-0.33

由表7可看出,除了10万吨级集装箱船满载状态下,模拟值一般比计算值偏小,说明理论计算的结果偏安全。10万吨级集装箱船的模拟值比计算结果略微偏大,结果也较为接近。

3.2 和既有规范取值的验证

既有 JTS 165—2013《海港总体设计规范》的

风、流压偏角取值见表1,根据规范的条文说明,表1为适用航速8~12 kn条件下的建议取值,取表1相同的计算条件,即航速10 kn(8~12 kn的平均值),横风≤7级,横流流速0.10、0.25、0.50、0.75和1.00 m/s的条件下的理论计算结果对比见表8。

表8 γ 理论计算结果与既有规范的取值对比Tab. 8 Comparison of γ between theoretical calculation results and values from existing code

风力	$v/(m \cdot s^{-1})$	既有规范取值/(°)	集装箱船理论计算值/(°)		散货船理论计算值/(°)		油船理论计算值/(°)	
			满载	压载	满载	压载	满载	压载
	$v \leq 0.10$	3	2.70~2.83	4.35~5.01	2.94~3.19	5.66~5.93	2.98~3.05	5.52~5.58
	$0.10 < v \leq 0.25$	5	4.37~4.51	6.02~6.68	4.61~4.86	7.33~7.60	4.65~4.72	7.19~7.25
横风≤7级	$0.25 < v \leq 0.50$	7	7.14~7.29	8.79~9.45	7.38~7.63	10.10~10.37	7.42~7.50	9.96~10.02
	$0.50 < v \leq 0.75$	10	9.89~10.03	11.53~12.20	10.13~10.38	12.85~13.11	10.17~10.24	12.71~12.77
	$0.75 < v \leq 1.00$	14	12.60~12.74	14.24~14.91	12.83~13.09	15.55~15.82	12.88~12.95	15.41~15.47

注:由于采用不同吨级船型进行计算,理论计算值用范围表示。

由表8可以看出,本文各船型在满载时的理论计算结果与既有规范的取值基本吻合,具有较好的一致性;各船型在压载时的理论计算值偏大,偏于安全。

4 风、流压偏角取值完善建议

根据前述计算结果的分析 and 验证,考虑风速和流速对风、流压偏角影响的敏感度不同,相同流速、8和9级风条件下的风、流压偏角相差

大,因此,建议8~9级风按照9级风统一设定。设为 ≤ 7 级风、 $>7\sim 9$ 级风两档,分别计算0.10、0.25、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50 m/s等不同流速条件下的风、流压偏角,航速取规范适用条件的均值10 kn,计算风、流压偏角,并通过拟合的关系曲线计算船舶漂移倍数。以上两档风力条件下不同流速对应的风、流压偏角 γ 和船舶漂移倍数 n 的计算值和建议取值见表9和10。

表9 7级及以下横风状态不同流速对应的风、流压偏角建议取值

Tab. 9 Suggested values of wind and current drift angles corresponding to different flow velocities under less than or equal to Force 7

风力	$v/(m\cdot s^{-1})$	集装箱船 γ 理论计算值/(°)	散货船 γ 理论计算值/(°)	油船 γ 理论计算值/(°)	γ 建议取值/(°)	n
	$v \leq 0.10$	-	-	-	3	1.81
	$0.10 < v \leq 0.25$	-	-	-	5	1.75
	$0.25 < v \leq 0.50$	-	-	-	7	1.69
≤ 7 级	$0.50 < v \leq 0.75$	-	-	-	10	1.59
	$0.75 < v \leq 1.00$	-	-	-	14	1.45
	$1.00 < v \leq 1.25$	15.26~17.57	15.49~18.48	15.54~18.13	18	1.32
	$1.25 < v \leq 1.50$	17.86~20.17	18.09~21.08	18.14~20.73	21	1.22

表10 $>7\sim 9$ 级风状态下不同流速对应的风流压偏角建议取值

Tab. 10 Suggested values of wind and current drift angles corresponding to different flow velocities under Force 7(not included) -9

风力	$v/(m\cdot s^{-1})$	集装箱船 γ 理论计算值/(°)	散货船 γ 理论计算值/(°)	油船 γ 理论计算值/(°)	γ 建议取值/(°)	n
	$v \leq 0.10$	3.25~6.35	3.57~7.57	3.63~7.11	7.00	1.68
	$0.10 < v \leq 0.25$	4.92~8.02	5.24~9.24	5.30~8.78	9.00	1.62
	$0.25 < v \leq 0.50$	7.69~10.79	8.01~12.01	8.07~11.55	12.00	1.52
$>7\sim 9$ 级	$0.50 < v \leq 0.75$	10.44~13.54	10.75~14.76	10.81~14.29	15.00	1.42
	$0.75 < v \leq 1.00$	3.14~16.24	13.46~17.46	13.52~17.00	17.00	1.35
	$1.00 < v \leq 1.25$	15.80~18.90	16.12~20.12	16.18~19.66	20.00	1.25
	$1.25 < v \leq 1.50$	18.40~21.50	18.72~22.72	18.78~22.26	23.00	1.16

5 结语

1) 中国的《海港总体设计规范》关于航道通航宽度是基于风、流压偏角 γ 这个关键参数进行计算的。船舶漂移倍数 n 和风、流压偏角 γ 之间的负线性相关性良好。

2) 对于集装箱船、散货船或油船的某一类型船舶,在其他条件都相同时,随着航速从8、10到12 kn的逐步增大,风、流压偏角逐步减小。同一类型的船舶,在相同的风、流条件下,压载的风、流压偏角大于满载。同一类型的船舶,在相同的装载度、航速和风、流条件下计算得到的压

偏角基本相同,与船舶吨级无明显关联。不同类型的船舶,在相同的航速和风、流条件下计算得到的压偏角差别不大。横流流速对风、流压偏角的影响比风力的影响更为敏感。

3) 本文利用的横风、横流计算 γ 的理论模型是合理准确的,通过典型代表船型在不同工况下进行了验证,也通过操船模拟试验进行了验证,和既有规范兼容性良好。

4) JTS 165—2025《海港总体设计规范》中航道通航宽度计算的适用范围拓展至横流流速 $\leq 1.5m/s$ 、横风 ≤ 9 级的情况,较好地回应了规范修订征求意见

见的疑问,满足现实需求;延续了现行规范的使用习惯,使得规范的适应性更强,覆盖面更全,推动了修编规范和国际标准的接轨。

5) 考虑到7~9级横风下叠加横流流速超过1.0 m/s的水域工况条件十分恶劣,不适宜作为常态航道通航条件,在进行航道选线时,应当结合航道环境条件综合分析确定合理的通航标准,并尽量避开横流流速超过1.0 m/s的不利航段,确实无法避开时,在使用条文推荐的参数进行设计的基础上,还需要开展专项论证或船舶操纵模拟试验验证。

参考文献:

- [1] Harbour approach channels design guidelines: No 121-2014[S]. Brussels: PIANC, 2014.
- [2] Costal engineering manual: EM 1110-2-11613 [S]. Washington: USACE, 2006.
- [3] Military harbors and coastal facilities: UFC 4-150-06[S]. Washington: UFC, 2010.
- [4] ASCE manuals and reports of engineering practice No. 107 ship channel design and operation [S]. Reston: ASCE, 2005.
- [5] Canadian waterways national maneuvering guidelines: channel design parameters[S]. Ottawa: Waterways Development, Marine Navigation Services, Canadian Coast Guard, Fisheries and Oceans Canada, 1999.
- [6] Technical standards and commentaries for port and harbour facilities in Japan [S]. Tokyo: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, 2020.
- [7] Recommendations for the design of the maritime configuration of ports, approach channels and harbour basins: ROM3. 1-99 [S]. Madrid: Puertos del Estado, 2007.
- [8] 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
Design code of general layout for sea ports: JTS 165-2013[S]. Beijing: China Communications Press, 2014.
- [9] 海港总平面设计规范: JTJ 211—1999[S]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
Design code of general layout for sea ports: JTJ 211-1999 [S]. Beijing: China Communications Press, 1999.
- [10] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 基于国内外规范和标准的海港工程总平面设计指南[M]. 北京: 人民交通出版社有限公司, 2018.
CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd. Design guidelines for sea port based on the Chinese and international codes and standards[M]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2018.
- [11] 中交水运规划设计院有限公司. 海港总体设计规范局部修订通航宽度扩展专题研究[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2023.
CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd. Study on the expansion of navigation width in the partial revision of the code for design code of general layout for sea ports [R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2023.
- [12] 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.
XIAO X, LU Z. Comparison of the calculation method of channel width between domestic and abroad [J]. Port & waterway engineering, 2016(10): 162-168, 173.
- [13] 边晓丽, 严庆新, 陈立家. 海港航道设计宽度模拟试验研究[J]. 水运工程, 2013(9): 99-102, 128.
BIAN X L, YAN Q X, CHEN L J. Design width of fairways based on simulation tests[J]. Port & waterway engineering, 2013(9): 99-102, 128.
- [14] 黄伟杨, 李中华. 基于船舶模拟器的航道航迹带宽度计算方法[J]. 水运工程, 2021(2): 58-63.
HUANG W Y, LI Z H. Calculation method of channel track width based on ship simulator [J]. Port & waterway engineering, 2021(2): 58-63.
- [15] 李业. 强风流条件下航道宽度的研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2017.
LI Y. The study of fairway width under strong wind and current[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2017.
- [16] 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 seaports: JTS 165-2025 [S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2025.