

Feasibility analysis of the over-standard navigation of the main channel in Dandong Port area

Xiaofu Ji¹ Xin Yu¹ Zuo Wei²

1. Dandong Lingang Group Co., Ltd., Dandong, Liaoning, 118300, China

2. Dalian Ocean University, Dalian, Liaoning, 116000, China

Abstract

With the introduction of the national macro - policies for revitalizing the old industrial bases in the northeast, the construction of the railways in the eastern part of the northeast and the rapid economic development in the eastern regions of the three northeastern provinces, the number of ships entering and leaving the port has been continuously increasing, and the deadweight tonnage has also been constantly growing. Therefore, the tonnage levels of port wharves need to be upgraded to meet the development requirements. Based on the current situation of the 50,000 - to 200,000 - ton - class channels in Dandong Port's Dadong Port Area, including the navigation standards and the channel water depth, and by taking advantage of the large tidal range in Dandong Port, this paper analyzes the feasibility of over - standard navigation in the main inbound and outbound sea channels in Dadong Port Area. Through the analysis, it is concluded that reducing the elevation of the channel bottom can effectively reduce the annual maintenance dredging volume, which is of great significance. Under the condition of ensuring navigation safety, by reducing the navigation speed, choosing appropriate wave height conditions, and increasing the tide - riding water level to a certain extent, over - standard safe navigation can be achieved.

Keywords

waterway; Exceed standard; Be open to navigation

丹东港大东港区进出海主航道超标准通航可行性分析

季筱夫¹ 于鑫¹ 魏左²

1. 丹东临港集团有限公司, 中国·辽宁 丹东 118300

2. 大连海洋大学, 中国·辽宁 大连 116000

摘要

随着国家振兴东北老工业基地宏观政策的出台, 东北东部铁路的建设和东北三省东部地区经济的快速发展, 进出港船舶数量不断增加, 载重吨位不断增长, 港口码头均需提升吨级以适应发展需求。本文通过丹东港大东港区5-20万吨级航道现状, 通航标准, 航道水深, 利用丹东港潮差大的水文特征, 分析大东港区进出海主航道超标准通航可行性。通过分析得出, 降低航道底高程可以有效减少每年维护性疏浚工程量, 意义十分重大, 在满足通航安全的情况下, 通过降低航速、选择合适的波高条件, 提高一定的乘潮水位, 可以实现超标准安全通航。

关键词

航道; 超标准; 通航

1 引言

随着船舶大型化发展趋势, 港口码头均需提升吨级以适应发展需求, 本文以丹东港实际案例出发, 通过降低航速、选择合适的波高条件, 提高一定的乘潮水位, 核算航道升级前超标准安全通航。

2 项目概况

丹东港是我国海岸线最东端的港口, 以丹东市为依托, 东南与朝鲜半岛隔江相望, 南临黄海, 位于东北亚经济圈的中

心区域。作为辽宁沿海港口群体中的一员, 丹东港同大连、营口、锦州等港口共同担负东北经济地区内、外贸物资的进出口转运任务, 是东北地区发展外向型经济、走向世界的窗口。

大东港区是丹东港的主要港区。随着国家振兴东北老工业基地宏观政策的出台, 东北东部铁路的建设和东北三省东部地区经济的快速发展, 作为目前东北东部地区唯一重要的出海口——丹东港大东港区的货物吞吐量逐年攀升, 进出港船舶数量不断增加, 载重吨位不断增长。近年来, 为了满足生产需要, 港口运营单位对东沟一港池内已建成的南1#、南2#泊位和通用1-2#泊位进行了升级改造, 由5万吨级升级至10万吨级, 大东港区现状的进出海主航道为5-20万吨级, 其中上、中航道(H1-H3)段设计标准为5万吨级, 不满足泊位升级后通航要求, 使东沟一港池内已升级改造后

【作者简介】季筱夫(1990-), 男, 中国辽宁丹东人, 本科, 工程师, 从事港口与航道工程、施工管理、规划建设研究。

的泊位无法投产使用^[1]。

丹东港水文特点为潮差较大，如能在控制航速、波高，选择合适的乘潮水位条件下，使上、中航道段通航10万吨级船舶，会解决航道升级前升级泊位投产使用问题，以提升丹东港的港口服务能力。

3 航道现状

丹东港大东港区进出海主航道设计为5-20万吨级(见图一)，上端点起至东沟一港池口门，止至-16.0m等深线，全长28.44Km，分上、中、下、外四段，上航道长度2.33Km，通航深度9.9m，设计深度10.3m，有效宽度260m，为5万吨级散货船双向航道，通航保证率90%；中航道长度2.97Km，通航深度10.1m，设计深度10.5m，有效宽度260m，为5万吨级散货船双向航道，通航保证率90%；下、外航道长度23.14Km，通航深度15.5m，设图1、大东港区5-20万吨级航道示意图计深度15.9m，为20万吨级散货船单向航道，通航保证率70%，同时兼顾5万吨级散货船非乘潮双向通航，全航道共布设浮标21座，各段航道设计标准如表1所示。

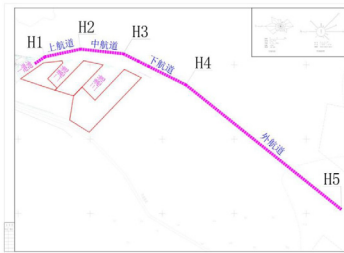


图1 大东港区5-20万吨级航道示意图

4 超标准通航可行性分析

4.1 船型尺度

根据使用需求，船舶尺度如表2所示：

表1 航道通航标准汇总表

序号	5-20万吨级航道分段	轴线走向(°)	长度(m)	底标高(m)	宽度(m)	设计船型	乘潮水位(m)
1	上航道(H1-H2)	168-348	2330	-10.3	260(双)	5万吨级散货船	4.49
2	中航道(H2-H3)	6-186	2973	-10.5	260(双)		(历时2.5h, 保证率90%)
3	下航道(H3-H4)	26-206	4839	-15.9	250(单)	20万吨级散货船	5.09
4	外航道(H4-H5)	38-218	18300	-15.9	250(单)		(历时2h, 保证率70%)

表2 船舶尺度表

船舶吨级(DWT)	船长(m)	船宽(m)	型深(m)	满载吃水(m)	备注
50000 散货船	223	32.3	17.9	12.8	原设计船型
100000 散货船	250	43	20.3	14.5	超标准船型

表3 航道宽度计算表

工况	航段	L(m)	b(m)	n	γ(°)	A(m)	c(m)	W(m)
10万吨级散货船	上航道	250	43	1.69	7	124.2	43	210.2
	中航道	250	43	1.69	7	124.2	43	210.2

4.2 航道宽度

根据《海港总体设计规范》(JTS165-2013)6.4.2条，航道通航宽度W由航迹带宽度A、船舶与航道底边线间的富裕宽度c组成。

单线航道通航宽度(W)按下式计算：

$$W=A+2c$$

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

式中：W—航道通航宽度(m)；A—航迹带宽度(m)；c—船舶与航道底边间的富裕宽度(m)；n—船舶漂移倍数；L—设计船长(m)；γ—风、流压偏角；B—设计船宽(m)。

5-20万吨级航道上、中航道段按5万吨级双向通航设计，航道有效宽度260米，如按单向通航宽度计算公式核算，考虑航速6节，10万吨级散货船单向通航的航道宽度需求210.2米，现有航道宽度260m满足10万吨级散货船单向通航需求^[2]。

4.3 航道水深

根据《海港总体设计规范》(JTS165-2013)6.4.6条，航道通航水深按照下式计算：

$$D_0=T+Z_0+Z_1+Z_2+Z_3$$

$$D=D_0+Z_4$$

式中：D₀—航道通航水深(m)；T—设计船型满载吃水(m)；Z₀—船舶航行时船体下沉量(m)；Z₁—航行时龙骨下最小富裕深度(m)；Z₂—波浪富裕深度(m)；Z₃—船舶装载纵倾富裕深度(m)；D—设计水深(m)；Z₄—备淤深度，有淤积的港口，备淤深度不宜小于0.4m。

4.3.1 Z₀ 船舶航行时船体下沉量(m)

根据《海港总体设计规范》(JTS165-2013)6.4.6条，船舶航行时船体下沉量Z₀取值只与船舶吨级及船舶航速有关，10万吨级船舶推荐按6节航速通航，通过查表Z₀取值为0.36m。

4.3.2 Z_2 波浪富裕深度

根据目前港口的使用需求, 10万吨级船舶到港数量极少, 经综合考虑, $H_{4\%}$ 波高值采用 1.0m。上航道(H1-H2)段 Z_2 计算值为 0.34m, 中航道(H2-H3)段 Z_2 计算值为 0.40m。

4.3.3 乘潮水位

根据庙沟站 1982 年 4 月~1983 年 3 月一年的潮位资料, 统计得到历时为 1 小时~5 小时情况下不同保证率的乘潮水位值, 如表 1 所示。

表 4 乘潮水位表 (单位: m)

累积频率 (%)	乘潮历时 (h)							
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5
90	4.76	4.68	4.60	4.49	4.36	4.20	4.04	3.62
80	5.05	4.98	4.88	4.76	4.62	4.43	4.24	3.80
70	5.27	5.19	5.09	4.97	4.81	4.61	4.41	3.95
60	5.48	5.39	5.28	5.15	4.99	4.79	4.59	4.10
50	5.70	5.60	5.47	5.33	5.16	4.96	4.76	4.26
40	5.89	5.80	5.66	5.51	5.34	5.13	4.92	4.41
30	6.08	5.98	5.86	5.70	5.51	5.30	5.08	4.57
20	6.29	6.19	6.05	5.88	5.69	5.47	5.25	4.73
10	6.57	6.47	6.33	6.15	5.94	5.70	5.46	4.91

H1~H3 段航道总计长度为 5303m, 10万吨级船舶推

表 5 航道设计底标高计算表 (单位: m)

船舶吨级	航段	T	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	D	航道设计底标高
10万吨级散货船	上航道	14.5	0.36	0.5	0.34	0.15	0.4	16.25	-10.27
	中航道	14.5	0.36	0.5	0.40	0.15	0.4	16.31	-10.33

5.2 Z_2 波浪富裕深度

根据《海港总体设计规范》(JTS165-2013) 6.4.6 条, 波浪富裕深度 Z_2 取值主要和船、浪夹角 Ψ 与 $H_{4\%}$ 相关, 波高 $H_{4\%}$ 越大, Z_2 取值越大。根据《海港总体设计规范》5.4.27 条, 10万吨级船舶作业波高, 顺浪 $H_{4\%}$ 为装船 1.5m, 卸船为 1.2m。而目前港口的使用需求, 10万吨级船舶到港数量极少, 通过 $H_{4\%}$ 波高采用船舶装卸作业波高 1.0m, 上航道(H1-H2)段可减少船舶吃水 0.33m, 中航道(H2-H3)段可减少船舶吃水 0.40m。

5.3 乘潮水位

乘潮水位的选择, 受乘潮历时和乘潮保证率制约。丹东港大东港区进出海主航道呈由外向内通航标准逐渐降低的阶梯型布置, 下、外航道(H3-H5)段, 按照 20万吨级散货船通航保证率 70% 设计, 10万吨级船舶可以不乘潮通航, 乘潮历时计算, 如选取全航道计算, 下、外航道(H3-H5)段按航速 8 节, 上、中航道(H1-H3)段按航速 6 节考虑, 乘潮历时需要 3.0h, 相比仅考虑上、中航道(H1-H3)段计算乘潮历时 1.5h, 乘潮水位可降低 0.35m。航行管理过程中, 可根据潮位和潮时情况, 利用下、外航道(H3-H5)段非乘

荐按船速 6 节进港, 通航时间为 0.48h, 考虑船舶靠泊时间 1h, 总计乘潮时间为 1.48h。根据《海港总体设计规范》(JTS165-2013), 结合航道的实际运营情况, 考虑 10万吨级船舶进港频率极低, 通过适当降低保证率的方式来提高乘潮水位^[3]。按乘潮历时 1.5h、保证率 30% 的乘潮水位 5.98m。根据《海港总体设计规范》(JTS165-2013) 6.4.6 条计算情况见表 5。

5-20万吨级航道上航道(H1-H2)段设计底标高为 -10.3m, 中航道(H2-H3)段设计底标高 -10.5m, 而按照船舶航速 6 节、 $H_{4\%}$ 波高值 1.0m、乘潮水位 5.98m (乘潮历时 1.5h、保证率 30%) 核算, 上、中航道段水深均能满足 10万吨级船舶通航需求。

5 通航分析总结

丹东港大东港区进出海主航道实现超标准通航限制条件是航道水深, 按照《海港总体设计规范》(JTS165-2013) 6.4.6 条航道设计深度计算公式和上述计算分析可知, 可调整的参数有 Z_0 船舶航行时船体下沉量、 Z_2 波浪富裕深度和乘潮水位。

5.1 Z_0 船舶航行时船体下沉量

船舶航行时船体下沉量只与船舶吨级及船舶航速有关, 通过降低船舶航行速度可以降低船体下沉量, 按 6 节航速通航, 较 8 节航速可减少吃水 0.15m。

潮通航特点, 通过做好船舶调度, 缩短乘潮历时, 来降低乘潮水位。

6 结语

随着船舶大型化发展趋势, 港口码头均需提升吨级以适应发展需求, 丹东港大东港区位于鸭绿江入海口, 受鸭绿江径流和潮流影响, 属淤积性港口, 进出海主航道及港内水域每年均需进行维护性疏浚, 降低航道底高程可以有效减少每年维护性疏浚工程量, 意义十分重大, 通过计算分析, 航道升级前, 在满足通航安全的情况下, 通过降低航速、选择合适的波高条件, 提高一定的乘潮水位, 可以实现超标准安全通航。

参考文献

- [1] 中交水运规划设计院有限公司. 海港总体设计规范: JTS165-2013. 北京: 人民交通出版社. 2014.
- [2] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 丹东港大东港区 5~20 万吨级出海航道整治工程初步设计. 2011.
- [3] 天津水运工程勘察设计院有限公司. 丹东港大东港区庙沟航道和 5-20 万吨级航道升级前超标准船舶通航可行性分析报告. 2024.