

基于水文气象预报的 大连港船舶安全进出港时间窗口分析

王辉, 柯文文

(大连海事大学, 辽宁大连 116026)

摘要: 根据现有的船舶进出港要求和实际的调研分析数据, 以大连港三条典型的船舶进出港航道为例, 分析港口的水文气象数据, 并对船舶进出港通行窗口进行建模。模型根据水文气象预报, 结合航道和进港船舶信息, 预测船舶安全进出港时间, 辅助船舶及时有效地进行安排调度, 增强港口解决问题的能力, 在提高船舶经济和港口调度效率上具有重要意义。

关键词: 水文气象; 大连港; 港口调度; 时间窗口

中图分类号: U698

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2023) 03—0031—03

近年来, 随着我国各个港口船舶进出港数量日趋繁重, 进出港环境越加复杂, 难度和强度也不断增大。且由于极端恶劣天气频发, 天气因素船舶进出港航行的影响越来越大, 恶劣天气是影响船舶正常调度的重要原因。国内外学者对此做了大量的研究, 蔡文学等^[1]综合考虑时间约束、拖轮资源、航行安全和潮汐等影响因素, 建立了船舶疏散调度优化模型。李安^[2]根据船舶的大小、装载、吃水以及所执行的任务, 探究大风、浓雾、暴雨等天气下船舶的安全引航的技术和措施。许长彬^[3]通过研究天气影响下船舶延误恢复问题, 提出了港口船舶延误恢复多目标优化模型和基于数据挖掘的船舶进出港时间特征费逆袭方法。王志成^[4]等针对雾天能见度较低、视线不良等影响进出港船舶的通航安全的问题, 以大连

港为例提出了雾航的能见度标准、保障条件和应急措施。

通过实际调查研究发现, 港口船舶进出港调度大多是手动排班模式和依据经验的工作模式, 港口水文气象信息显示不够直观, 判断安全进出港时间时效率较低, 需要在此方面进一步研究, 通过有效的数据和结论为相关人员的决策进行支撑。

1 大连港水文气象概况

大连港位于北纬 $38^{\circ} 55' 44''$, 东经 $121^{\circ} 39' 17''$, 其自然情况如表 1 所示, 其中降雨、冰雹、雷暴等天气常常伴有大风大浪等特征, 因此在模型中不单独考虑, 使用风、浪的大小进行风险判断。

悬臂板自由边沿横梁方向支座弯矩 M_{xz}^0 随纵梁间距变大而增大, 均载作用下, 纵梁相当于面板的支座, 纵梁间距越大即跨度越大, 故沿横梁方向支座弯矩也有逐渐变大趋势。而在支腿荷载作用下, 悬臂板自由边沿横梁方向跨中弯矩 M_{0x} 和支座弯矩 M_{xz}^0 无明显变化规律, 该部位面板受力可简单看做是三边固定一边自由板, 受悬臂端长度、纵梁间距、横梁与纵梁刚度等因素影响, 难以给出极值出现位置。

5 结论

通过上文对高桩码头悬臂板内力的分析, 可得出以下结论:

(1) 按照常规“悬臂板”计算方法计算所得悬臂板顶部沿纵梁方向弯矩 M_y^0 结果可信, 满足该方向结构设计要求。

(2) 常规“悬臂板”计算方法无法算得悬臂板自由边沿横梁方向跨中弯矩 M_{0x} 和支座弯矩 M_{xz}^0 , 而该部位弯矩对面板配筋起控制作用, 结构设计中对此部位应特别注意, 建议采用有限元进行计算。

(3) 悬臂板自由边沿横梁方向跨中弯矩 M_{0x} 和支座弯矩 M_{xz}^0 , 受纵梁跨度、横梁刚度、纵梁刚度等因素影响, 其最大值出现位置还需进一步研究。

参考文献:

- [1] JTS 167-2018, 码头结构设计规范 [S].
- [2] 《建筑结构静力计算手册》编写组. 建筑结构静力计算手册 [M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [3] JTS 151-2011, 水运工程混凝土结构设计规范 [S].
- [4] 冯沛芸, 吴兵, 傅学怡. 梁板刚度比变化对板内力的影响 [J]. 广东土木与建筑, 2008(11):4.

表 1 大连港水文气象特征

水文气象因素	特征
风况	大连港每年冬季常风向为北、偏北风，夏季多南、东南风。9月为风向转换季节，北及西北风与偏南风交替出现。冬季风力较强，有时6级以上强风持续3天以上
降水	大连港年降水量659毫米，7、8、9三个月最多，约占全年降水量的三分之二。
雾况	该港年平均雾日约36天，虽然全年各月均有雾出现，但多发生在3月-8月，白天较少
能见度	该港能见度小于1000米的日数，年平均约有40天，其中7月最多，10月几乎没有。
气温	年平均气温10℃左右，全年1~2月最低，极端最低气温-21.1℃，7~8月气温最高，平均最高气温为27.3℃，极端最高气温为35.7℃
冰况	大连港为终年不冻港，但每年的1-3月初，各码头区有结冰现象，厚度5厘米~20厘米，不影响船舶航行及靠泊，一般钢壳船无碍航行
潮汐	大连港属正规半日潮和正规半日潮混合潮港，受风的影响，潮差不等，平均潮差2.1米
潮流	大连港内涨潮大多为北流或西北流，流速约0.6~1.5节；落潮大多为东南流，流速约0.3~1.3节
海浪	大连港内，一般情况下涌浪甚少。在受台风影响时，东南向涌浪较大

2 大连港安全进出港风险等级

2.1 港口进出港水文气象要求

大连港引航员操作规程给出了离靠泊的气象要求：视线≥1海里；富余水深≥15%吃水；风≤7级（15米/秒）；横浪≤1.5米；顺浪≤2.0米，本文根据大连港水文气象特征及大连港离靠泊气象条件要求，将能见度、风力、风浪、涌浪、富裕水深作为主要影响因子进行分析。

2.2 风险等级划分

风险等级划分方法的研究有很多，其中姜丹^[5]根据国家相关法律法规、气象部门和海事部门等相关规定确定三峡库区复杂天气的预警等级和评判标准；丁锋，刘飞等^[6]综合归纳了国内主要港口、水域的禁限航的能见度和风力条件。本文借鉴相关思路，结合水文气象数据，将大连港主要影响因子进行划分，如表2所示。

表 2 主要影响因子影响等级划分

影响因子	气象能见度 (V) n mile	风力 (W) m/s	有效波高 (g) m	涌浪浪高 (S) m		富裕水深 (UKC)	影响程度
				横浪 < 0.8	顺浪 < 1.2		
V	V≥2.2	W≤5级	g≤0.8	横浪 < 0.8	顺浪 < 1.2	UKC≥25%吃水	较小
IV	1.0≤V<2.2	W=6级	0.8<g≤1.2	0.8<横浪≤1.2	1.2<顺浪≤1.5	20%吃水≤UKC<25%吃水	一般
III	0.5≤V<1.0	W=7级	1.2<g≤1.5	1.2<横浪≤1.5	1.5<顺浪≤2.0	15%吃水≤UKC<20%吃水	较大
II	0.3≤V<0.5	W=8级	1.5<g≤2.5	1.5<横浪≤2.5	2.0<顺浪≤3.0	10%吃水≤UKC<15%吃水	很大
I	V<0.3	W>8级	g>2.5	横浪>2.5	顺浪>3.0	UKC<10%吃水	极大

注 1：当根据横浪或顺浪得出的船舶进出港涌浪影响等级不同时，以高级别为准
注 2：富裕水深 (UKC) = 海图水深 + 潮高 - 船舶吃水

2.3 划分原则

船舶进出港气象条件等级取能见度、风力、风浪、涌浪、富裕水深中的最高影响等级，即：

$$G = (G_v, G_w, G_g, G_s, G_{UKC})_{\max}$$

其中：G 为船舶进出港气象条件等级；G_v 为能见

度因子影响等级；G_w 为风力因子影响等级；G_g 为风浪因子影响等级；G_s 为涌浪因子影响等级；G_{UKC} 为富余水深因子影响等级。

具体的划分描述如表 3 所示，其中风险等级为三级时，其水文气象条件对船舶进出港就有较大影响，建议港口工作人员结合船舶航行计划和引航员自身情况实际判断。风险等级大于三级时不建议船舶进出港。

表 3 风险等级划分描述

风险等级	划分描述	影响程度	标志颜色
V	G _v 、G _w 、G _g 、G _s 、G _{UKC} 均为 V 级	较小	绿
IV	G _v 、G _w 、G _g 、G _s 、G _{UKC} 最大为 IV 级	一般	蓝
III	G _v 、G _w 、G _g 、G _s 、G _{UKC} 最大为 III 级	较大	黄
II	G _v 、G _w 、G _g 、G _s 、G _{UKC} 最大为 II 级	很大	橙
I	G _v 、G _w 、G _g 、G _s 、G _{UKC} 最大为 I 级	极大	红

3 模型建立

3.1 泊位选择

由于大连港航道泊位众多，且各个航道环境都有所不同。本文选取大连港三条较为经典的航道便于船舶进出港时间窗口模型的建立及后续分析，即石化深水航道、大连湾航道和大窑湾航道北航段，泊位地点如图 1 所示。三个泊位全是单独航道，不存在与其他泊位共用航道而产生的时间调度上的影响，具体信息如表 4 所示。



图 1 大连港航道图

表 4 大连港泊位信息

参 数	大连石化码头 3 号泊位	大连湾散货 10 区	汽车码头 1 号泊位
进港方向 (°)	0	0	230
码头方向 (°)	270	335	45
航道水深 (m)	11.5	13.4	15
所属港区	大石化港区	和尚岛东港区	大窑湾港区
所属航道	石化深水航道	大连湾航道	大窑湾航道北航段
航道长度 (km)	1.5	6.0	4.3
航道宽度 (m)	200	150	300

3.2 技术路线

模型的技术路线如图 2 所示，主要功能为：①航行风险分析：根据安全标准显示风险等级；②风险因素提

示：临界状态时，显示具体的风险因素；③安全窗口预报：未确定具体时间时，计算未来七天的安全通航时间窗口。

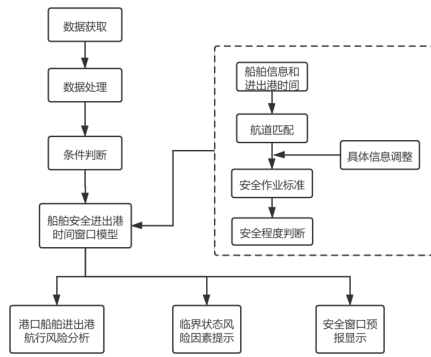


图 2 技术路线图

3.3 输入和输出

3.3.1 输入数据

模型的输入数据由船舶基本信息、引航、航道和预计进出港时间构成，具体输入信息如表 5 所示。其中是否引航与航道选择为单选项，预计进出港时间为选填项。

表 5 模型输入数据

输入数据			
船型:			
船长:	米	船宽:	米
船舶吃水:		抗风等级:	级
是否引航:	是	否	
航道:	甘井子	和尚岛	大窑湾
预计进出港时间:			

3.3.2 输出结果

模型可根据输入信息的不同显示两种输出结果。若未给出具体进出港时间时，模型会调用未来 7 天的逐小时水文气象预报数据，进行风险等级的判断，输出结果如图 3 所示。若给出预计进出港时间时，模型会根据航道的具体情况，判断改时间是否可以安全进港。输出的颜色为表 3 中描述的风险等级，绿色和蓝色可以安全进出港；黄色为临界状态需根据引航员能力、船舶航行计划等综合考虑；橙色和红色表示不建议进出港。

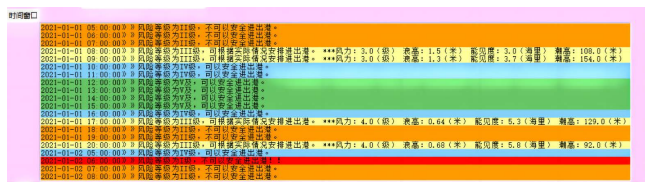


图 3 未给出具体时间输出数据

4 结束语

本文给出了具体的船舶进出港时间窗口模型，可根据逐小时水文气象预报数据预测船舶安全进出港时间窗口，并输出逐小时风险等级判断，对提高船舶经济和港口调度效率具有重要意义。但各个港口、航道、泊位的环境情况略有不同，在实际应用中，需要结合具体环境对模型进行调整。且港口水域环境复杂，本模型忽略了风、浪、流等方向对船舶进出港时间的影响，在今后的工作中可进一步细化，提高模型的准确性。

参考文献:

- [1] 蔡文学, 洪晓琪. 台风天气下广州港出海航道船舶疏散调度研究 [J]. 船舶物资与市场, 2021, 29(05): 73-75.
- [2] 李安. 恶劣气象条件下的船舶引航 [J]. 珠江水运, 2021(15): 34-35.
- [3] 许长彬. 天气影响下的港口船舶延误恢复模型及算法研究 [D]. 大连海事大学, 2018.
- [4] 王志成, 冯凯, 姜玉, 伊伟利. 大连港船舶雾中航行的研究与应用 [J]. 港口科技, 2020(07): 25-27+44.
- [5] 姜丹. 三峡库区复杂天气条件下船舶航行安全风险预警等级研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2013.
- [6] 丁锋, 刘飞, 张晋, 孙贞. 基于气象条件的船舶引航风险等级 [J]. 中国航海, 2019, 42(02): 71-74+113.

基金：大连海事大学 2022 教改项目：文章基金编号：0039012201 推动中国航海教育教学中使用中国气象传真图。

