

· 航道及船闸 ·



船型组合对沿海散货港区航道通过能力的影响^{*}

宋向群, 梁文文, 唐国磊

(大连理工大学, 辽宁 大连 116023)

摘要: 基于到港船型的多样性和随机性, 建立不同船型组合下的沿海散货港区船舶航行作业系统仿真模型, 定义到港船舶吨级的加权平均值为船型组合的特征吨级, 研究船型组合对港口航道通过能力的影响。仿真结果表明, 船型组合对沿海散货港区航道通过能力有显著影响; 航道通过能力与船型组合的特征吨级之间呈指数函数关系; 并且通航历时越大, 航道通过能力对船型组合越敏感。

关键词: 沿海散货港区; 船型组合; 航道通过能力; 特征吨级

中图分类号: U 651.3; U 653.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)08-0098-04

Influence of vessel combination pattern on waterway capacity in coastal bulk cargo port area

SONG Xiang-qun, LIANG Wen-wen, TANG Guo-lei

(Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

Abstract: Based on the diversity and randomness of arriving vessels, a navigation operation system simulation model of coastal bulk cargo port area is established to analyze the impact of vessel combination pattern on waterway capacity. The simulation result shows that vessel combination pattern has significant effect on waterway capacity. The weighted mean of arriving vessels DWT is defined as characteristic DWT in this paper. There is an exponential relationship between waterway capacity and characteristic DWT; and the longer the navigation duration, the higher the sensitivity of waterway capacity to vessel combination pattern.

Key words: coastal bulk cargo port area; vessel combination pattern; waterway capacity; characteristic DWT

全球能源运输需求的持续增长, 带动了散货运输需求, 散货船舶大型化趋势明显, 促使我国沿海散货港区向规模化、专业化方向发展^[1], 航道建设也呈现出深水化的特点。准确地掌握航道通过能力, 成为规划和建设散货港区深水航道的基础性工作。到港船舶是港口的主要服务对象, 其属性尤其是船型组合是影响港口航道通过能力的重要因素。深入研究船型组合对沿海散货港区航道通过能力的影响, 对准确计算沿海散货港区航道通过能力、合理规划航道建设规模具有重要意义。

港口航道通过能力及其影响因素的研究逐渐

受到了学者们的关注。刘敬贤等^[2]建立了基于船舶行为特征的港口航道通过能力仿真模型。代君等^[3]引入船舶领域模型, 研究天津港主航道通过能力。吴澎等^[4]仿真模拟黄骅港船舶航行作业系统, 研究黄骅港进港航道的合理通过能力。上述研究均以特定港区的航道通过能力为研究对象, 依据对象港区历史统计资料确定船型组合等参数。郭子坚等^[5-6]通过大量的仿真试验, 研究船舶通航历时、进出港安全时距等因素对沿海散货港区航道通过能力的影响, 使航道通过能力的计算方法更具一般性, 但是其仿真试验也是基于船型组合确

收稿日期: 2012-03-04

^{*}基金项目: 国家自然科学基金 (50879010)

作者简介: 宋向群 (1959—), 女, 教授, 主要从事港口规划方面的研究。

定的假设。实际中,受船舶到港随机性的影响,船型组合在不同港区或者同一港区的不同时期都会有所不同。本文运用系统仿真软件,建立考虑船型组合差异的沿海散货港区航道通过能力仿真模型,计算不同船型组合下的航道通过能力,并分析航道通过能力对船型组合的敏感性。

1 沿海散货港区航道通过能力仿真模型

1.1 基本假设

沿海散货港区航道通过能力影响因素众多且影响机理复杂,本文仅研究船型组合差异对航道通过能力的影响,对沿海散货港区船舶航行作业系统做如下假设:

- 1) 航道宽度满足到港船舶的单向通航要求,航道水深满足到港船舶全天候进出港要求。
- 2) 出港船舶优先于进港船舶占用航道资源;尾随航行于航道中的前后船舶的船头时距不得小于给定的安全时距。
- 3) 用船舶通航历时表达航道长度和船舶航行速度对系统的影响。
- 4) 泊位组成与到港船型组合一致,各吨级船舶的船时效率为定值;码头生产作业处于正常状态。
- 5) 船舶到港时间间隔服从负指数分布;船舶在港航行过程中水文、气象条件稳定,港区年作业天数为定值。
- 6) 有足够的锚位为船舶提供等待航道和泊位的服务。

1.2 沿海港口航道通过能力

沿海港口航道通过能力定义:在港口正常生产作业状态下,达到指定的港口服务水平时,1 a中通过该航道的所有船舶的载质量总和 P (万t/a)^[7]。其中,港口服务水平评价指标 $S=AWT/AST$,是船舶平均等待时间 AWT (包括等待航道和等待泊位时间)与平均在泊作业时间 AST 之比。本文对通过航道的所有船舶进行吨级分类,统计所有船舶的吨级总和作为航道通过能力。

1.3 仿真模型的构建

根据沿海散货港区船舶航行作业过程,考虑船型组合差异,构建沿海散货港区航道通过能力

仿真模型,模型总体结构如图1所示。输入船型组合及到港船舶总数,按船型组合中各吨级船舶构成比例生成到港船舶,随着船舶数量增加,港口服务水平评价指标 S 增大,直至达到指定服务水平评价指标(S^*),输出航道通过能力。

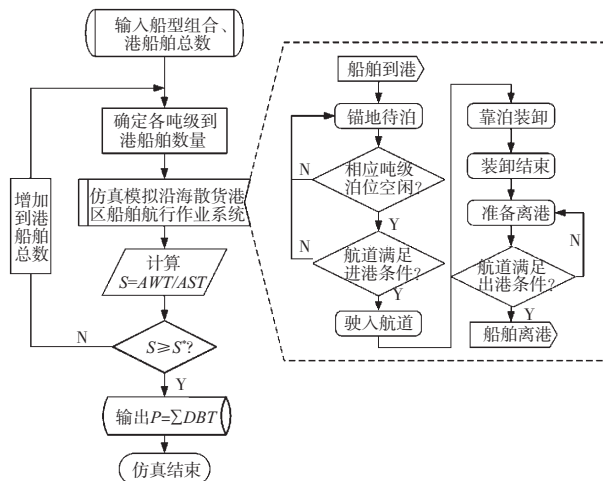


图1 仿真模型结构

2 仿真试验及结果分析

以沿海散货港区单向航道为研究对象,设计仿真试验,通航历时分别取0.5 h、1.0 h、1.5 h、2.0 h、2.5 h、3.0 h,对20种船型组合进行仿真试验,计算各种船型组合时的航道通过能力,进而研究船型组合对航道通过能力的影响。

2.1 仿真参数设置

1) 到港船型组合。

20种船型组合包括基本船型组合、大型船型组合、小型船型组合和17种随机船型组合,如表1所示。基本船型组合的船型构成比例为世界现有营运散货船型比例^[5];大型船型组合主要由15万吨级和20万吨级船舶构成;小型船型组合主要由3.5万吨级、7万吨级和10万吨级船舶构成;随机船型组合是将以上5种吨级船型随机组合。

为了区分不同船型组合,定义到港船舶吨级的加权平均值为船型组合的特征吨级 J (万t):

$$J = \frac{\sum_{i=1}^I n_i^j j}{N} \quad (1)$$

式中: n_i^j 为吨级为 j 的船舶数; I 为船舶种类数;

N 为船舶总数, $N = \sum_{i=1}^I n_i^j$ 。

表1 散货港区不同船型组合中各吨级船舶所占比例

%

船型组合	3.5万吨级	7万吨级	10万吨级	15万吨级	20万吨级
基本船型组合	28.91	37.85	22.02	2.28	8.94
大型船型组合	0	0	0	20.29	79.71
小型船型组合	32.56	42.63	24.81	0	0
随机船型组合 (17组)	5种吨级船型随机组合				

2) 其他参数设置。

港口年作业天数为320 d; 船时效率根据世界现有营运散货船舶统计数据及现行规范确定^[5]。前后船舶之间尾随航行最小安全时距为10 min; 指定的港口服务水平 $S^*=0.5$ ^[8]; 仿真周期1 a; 仿真重复次数为20次。

2.2 仿真结果分析

通过仿真试验, 得到航道通过能力与船型组合的特征吨级之间的关系曲线, 如图2所示。

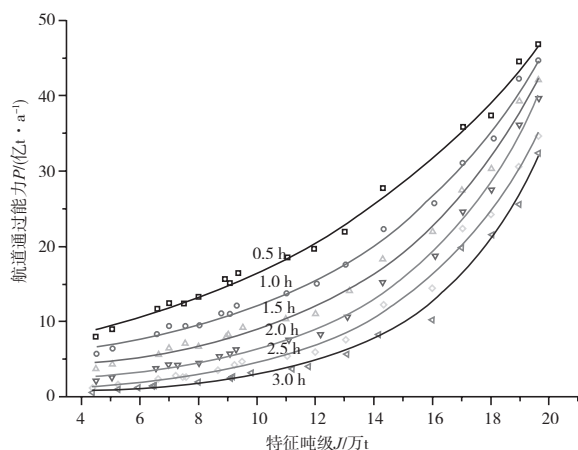


图2 不同通航历时下, 航道通过能力 P 与船型组合的特征吨级 J 的关系

拟合图2中的关系曲线, 得到航道通过能力与特征吨级的关系如式(2)所示, 相关参数 A , t_0 , y_0 及拟合优度 R^2 列于表2。

$$P = Ae^{-\frac{J}{t_0}} + y_0 \quad (2)$$

式中: P 为航道通过能力; J 为船型组合的特征吨级。

表2 航道通过能力表达式中各参数拟合值 ($S=0.5$)

历时/h	A	t_0	y_0	R^2
0.5	60 738	-9.575	-7 631	0.994
1.0	19 761	-6.423	27 398	0.995
1.5	10 947	-5.435	20 939	0.995
2.0	6 377	-4.783	11 318	0.996
2.5	5 072	-4.641	1 244	0.993
3.0	2 115	-3.92	2 046	0.985

由式(2)可知, 航道通过能力与特征吨级呈指数关系。

另外, 以表1中基本船型组合为基本情况, 分析航道通过能力对特征吨级的敏感性。以通航历时为1.5 h为例, 计算特征吨级变动幅度为 $\pm 25\%$ 和 $\pm 50\%$ 时航道通过能力变动幅度及敏感度系数(航道通过能力变动幅度与特征吨级变动幅度之比), 结果如表3所示。其他通航历时计算方法与之相同, 敏感性分析见图3。

表3 敏感度系数

特征吨级变动幅度/%	航道通过能力变动幅度/%	敏感度系数
-50	-36.1	0.722
-25	-21.3	0.852
25	30.8	1.232
50	75.3	1.506

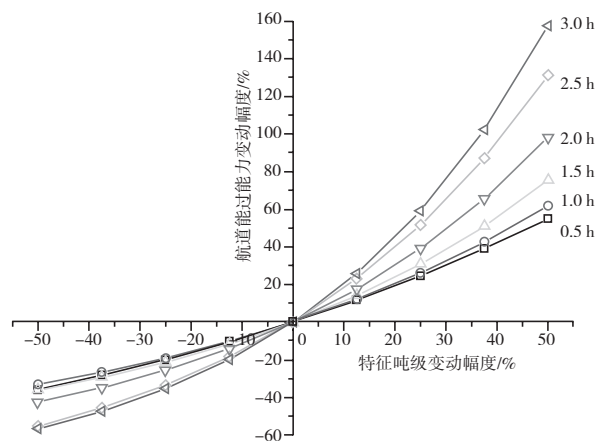


图3 不同通航历时下, 航道通过能力对特征吨级的敏感性分析

由表3可知, 特征吨级变动幅度越大, 敏感度系数越大, 航道通过能力变动越明显; 通航历时越大, 航道通过能力对特征吨级越敏感, 即对于长航道, 船型组合变化对航道通过能力的影响更加明显。

3 算例分析

以某沿海散货港区为例,通航历时为1.5 h,

船型组合及其特征吨级见表4,仿真计算不同船型组合下的港口航道通过能力,结果如图4所示。

表4 某沿海散货港区船型组合

船型组合	各吨级船舶所占比例/%					特征吨级/万t
	3.5万吨级	7万吨级	10万吨级	15万吨级	20万吨级	
船型组合1	20.0	32.0	28.0	16.0	4.0	8.94
船型组合2	26.0	22.2	33.3	11.1	7.4	8.94
船型组合3	14.3	25.0	28.6	10.7	21.4	11.00

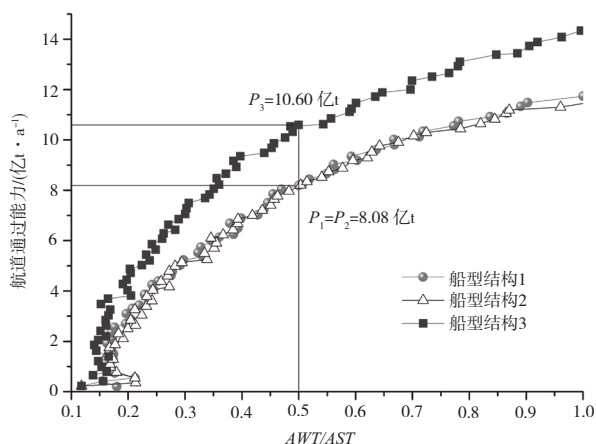


图4 通航历时1.5 h时,散货港区不同船型组合下航道通过能力仿真结果

分析表4,船型组合1和船型组合2的特征吨级相同,均为8.94万t;船型组合3的特征吨级为11.0万t,较船型组合1(或2)的特征吨级增加23.0%。

由图4可见,航道通过能力随船型组合的特征吨级变化而变化;当服务水平评价指标 $S=0.5$ 时,特征吨级8.94万t对应的航道通过能力是8.08亿t,特征吨级11.0万t对应的航道通过能力是10.60亿t。即:船型组合的特征吨级增加23.0%,航道通过能力增大31.1%。

4 结论

考虑船型组合的差异,本研究建立沿海散货港区航道通过能力仿真模型,研究航道通过能力与船型组合的关系,分析航道通过能力对船型组合的敏感性,得到如下结论:

1) 到港船型组合对沿海散货港区航道通过能力有显著影响,采用特征吨级表征船型组合,便

于分析航道通过能力与船型组合的关系。

2) 航道通过能力与船型组合的特征吨级呈指数函数关系。服务水平评价指标 S 相同时,航道通过能力随着特征吨级的增减而增减;特征吨级变动幅度越大,航道通过能力的变动越明显。

3) 通航历时越大,航道通过能力对特征吨级越敏感,意味着到港船型组合差异对长航道的通过能力影响更加明显。

参考文献:

- [1] 季则舟,胡世津.海运船舶现状和发展趋势及对我国港口建设的影响[J].港工技术,2007(6): 18-23.
- [2] 刘敬贤,文元桥.基于船舶行为特征的港口航道通过能力仿真[J].大连海事大学学报,2009,35(2): 31-33, 37.
- [3] 代君,王当利,刘克中.基于船舶领域模型的港口受限航道通过能力计算方法[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2009,33(4): 679-682.
- [4] 吴澎,商剑平.沿海港口航道通过能力仿真模型研究[J].中国港湾建设,2010(S1): 42-45.
- [5] 宋向群,张静,郭子坚,等.通航历时对沿海散货港区航道通过能力的影响分析[J].港工技术,2010(2): 18-20.
- [6] 郭子坚,陈琦,唐国磊,等.船舶进出港安全时距对沿海散货港区航道通过能力的影响[J].水运工程,2011(7): 136-140.
- [7] 郭子坚,王文渊,唐国磊,等.基于港口服务水平的沿海港口航道通过能力[J].中国港湾建设,2010(S1): 46-48.
- [8] The Secretariat of United Nations Conference on Trade and Development. Port Development: a Handbook for Planners in Developing Countries[M]. 2nd edition. New York: United Nations publication, 1985: 27-39.

(本文编辑 武亚庆)