



船舶进出港规则对沿海进口散货港区 航道通过能力的影响*

宋向群, 刘佳, 唐国磊

(大连理工大学建设工程学部, 辽宁大连 116024)

摘要: 沿海散货船舶大型化, 对配套的航道条件提出更高的要求, 合理的船舶进出港规则对发挥航道通过能力起到重要的作用。利用计算机仿真技术, 通过构建沿海进口散货港区船舶航行作业系统仿真模型, 研究先来先服务规则、大船优先服务规则和船舶成簇进出港规则对航道通过能力的影响。结果表明: 3种规则下, 航道通过能力与服务水平均呈指数分布关系; 先来先服务规则和大船优先服务规则对航道通过能力的影响基本相同; 而对于港口规模大、航道通航历时长的港区成簇进出港规则要比前两种规则对应的航道通过能力高。

关键词: 船舶进出港规则; 航道通过能力; 沿海散货港区; 服务水平

中图分类号: U 651.3; U 653.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)09-0122-04

Influence of rules of ship entering and departure on waterway capacity in coastal import bulk port area

SONG Xiang-qun, LIU Jia, TANG Guo-lei

(Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: The widely adoption of large coastal bulk cargo carriers brings in higher requirements for matched waterway conditions need to be satisfied. Therefore, this paper establishes a simulation model for ships navigation system in coastal import bulk port area to study the impact of First Come First Service (FCFS), Large-tonner-ship Priority Service (LSFS) and Ship Entering and Leaving Port in Cluster (SELC) on waterway capacity. The results show that the relationship between waterway capacity and port service level is exponential for these three rules, and the impact of FCFS and LSFS on waterway capacity is basically the same. SELC improves waterway capacity of larger scale port area with longer travel time in waterway.

Key words: rules of ship entering and leaving port; waterway capacity; coastal import bulk port; service level

散货港区货物吞吐量的快速增长和散货船舶大型化趋势必然导致进港船舶数量不断增多, 航道内船舶交通日趋繁忙, 造成航道的使用冲突, 单线航道更加严重。采用合理的船舶进出港规则对沿海散货港区航道通过能力的提高具有重要作用^[1], 尽量避免扩建航道从而可以大大节约工程投资。

目前, 在对港口航道通过能力的影响研究

中, 已经对自然环境因素^[2]、航道属性^[3]和船舶交通流^[4-5]等进行研究。本文构建基于先来先服务、大船优先服务以及船舶成簇进出港规则的散货港区船舶航行作业系统仿真模型, 分析不同船舶进出港规则下航道通过能力、通航历时和港口服务水平三者的对应关系, 研究不同进出港规则对航道通过能力的影响, 进而确定适合港区航道的合理船舶进出港规则。

收稿日期: 2012-02-24

*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。

1 船舶进出港规则及仿真模型

1.1 船舶进出港规则

来港船舶需要按照港区要求在指定的时间和地点向船舶调度中心报告船舶动态, 调度中心依据一定的规则确定船舶通过航道的顺序和组织方式^[6]。本文重点研究先来先服务规则、大船优先服务规则和船舶成簇进出港规则。

1) 先到先服务规则: 船舶按到达港口的先后顺序排队通过。

2) 大船优先服务规则: 不同吨级船舶同时到港时大吨级船舶优先进入航道, 同级别船舶仍按到达的先后顺序进入航道。

3) 船舶成簇进出港规则: 船舶在等待进入航道过程中, 若无新到港船舶则单独进入航道, 若有新到港船舶可将若干艘船舶按到达的先后顺序编为一队成簇进港。成簇数量会影响航道通过能力, 本文分别考虑二船、三船和四船成簇进出港的情况。

1.2 沿海港口航道通过能力

沿海港口航道通过能力定义为: 在港口正常生产作业状态下, 达到指定的港口服务水平

时, 一年中通过该航道的所有船舶的载重吨总和 (万 t/a)^[7]。其中, 正常生产作业状态是指港区各个泊位在正常的生产效率下进行生产; 港口服务水平是船舶平均等待时间 (AWT) 与平均在泊时间 (AST) 之比, 即 AWT/AST 。

1.3 散货港区船舶航行作业系统仿真模型

根据沿海散货港区船舶航行作业过程, 构建沿海散货港区船舶航行作业系统仿真模型, 该模型主要由锚地待泊、船舶进港、装卸作业及船舶出港4个子模型组成。不同进出港规则下仿真模型的主要差异在于船舶进港子模型和出港子模型。

1) 基于先来先服务规则的船舶航行作业系统仿真模型。

图1为基于先来先服务规则的散货进口港区进港子模型。首先由“VBA 4”模块计算当前潮位, 然后通过“判断是否乘潮”、“进港等待”、“占用storage_1”、“判断安全时距”等一系列模块, 确认吃水、航向以及安全时距等条件是否满足; 最后船舶通过“进入航道”模块, 经通航历时后离开航道, 完成进港过程。

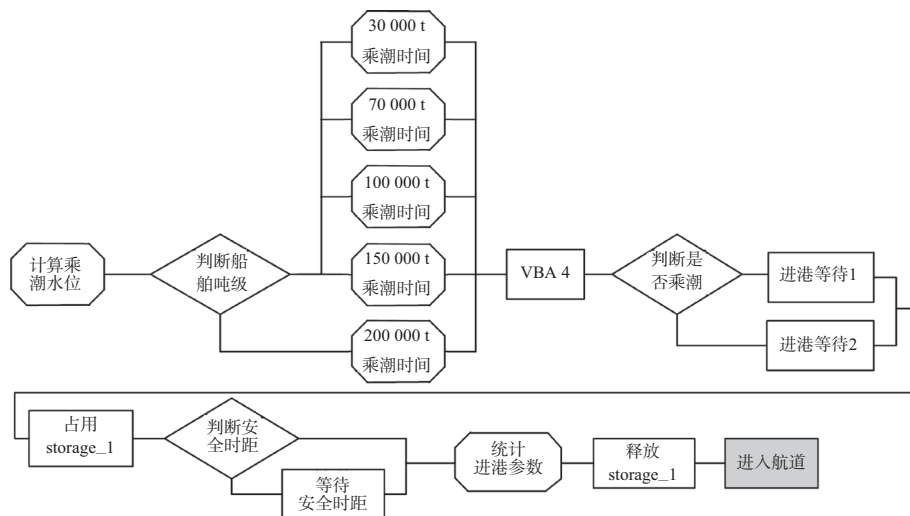


图1 基于先来先服务规则的散货进口港区进港子模型

2) 基于大船优先服务规则的船舶航行作业系统仿真模型。

在船舶进港子模型中根据船舶吨级设置优先级属性 (priority), 吨级越大的船舶优先级越高, 程序如图2所示, 船舶按优先级进入航道, 大吨级船舶优先得到港区提供的服务。

```
Private Sub VBA_Block_5_Fire()
    Select Case s.EntityAttribute(s.ActiveEntity, s.SymbolNumber("ton"))
        Case 200000
            s.EntityAttribute(s.ActiveEntity, s.SymbolNumber("priority")) = 1
        Case 150000
            s.EntityAttribute(s.ActiveEntity, s.SymbolNumber("priority")) = 2
        Case 100000
            s.EntityAttribute(s.ActiveEntity, s.SymbolNumber("priority")) = 3
        Case 70000
            s.EntityAttribute(s.ActiveEntity, s.SymbolNumber("priority")) = 4
        Case 35000
            s.EntityAttribute(s.ActiveEntity, s.SymbolNumber("priority")) = 5
    End Select
End Sub
```

图2 基于大船优先服务规则模型设置船舶优先级程序

3) 基于船舶成簇进出港规则的船舶航行作业系统仿真模型。

首先用Batch模块将多个船舶实体聚集形成一个临时批组作为一个临时船舶实体进入航道,如图3所示,该实体具有最大吨级船舶的一

切属性,然后通过航道之后再用Separate模块将成批的船舶实体分解成独立个体,分别进行装卸作业。在成簇进出港规则中,将簇规模分别设置为2艘、3艘和4艘进行探讨。

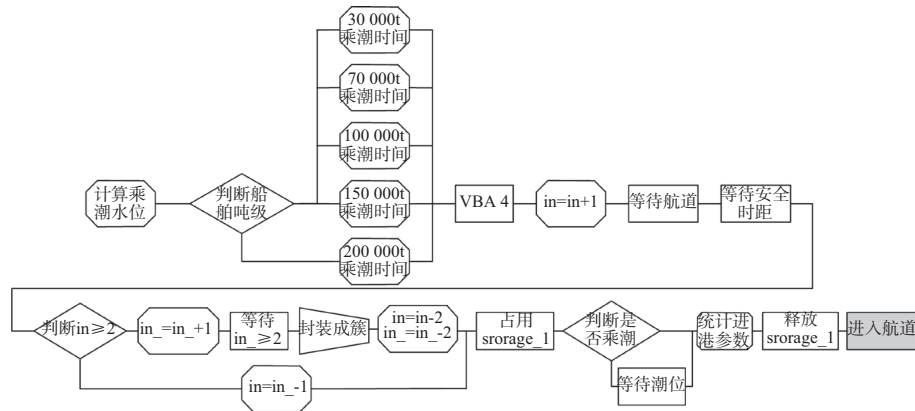


图3 基于船舶成簇进出港规则的散货进口港区进港子模型

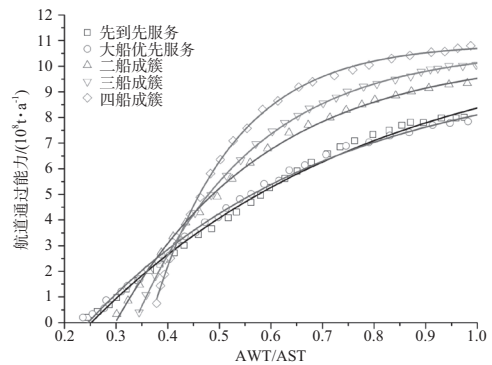
2 仿真试验与结果分析

2.1 仿真参数

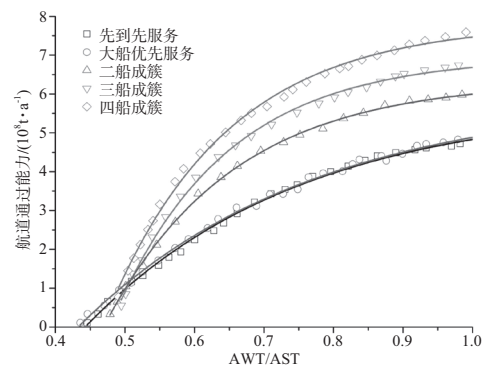
1) 船舶到港服从泊松分布^[8];到港船型及其船舶参数,根据世界现有散货船舶吨级比例及现行规范确定^[9]。2) 港区各吨级泊位数量比例与现有世界上运营的散货船舶吨级数量比例保持一致^[9]。3) 船舶航道通航历时取0.5~3.0 h^[9],安全时距取10 min^[7]。4) 港口不能作业天数为40 d,均匀分布在1 a中;潮差以2 m为例。

2.2 仿真结果分析

运行仿真模型,仿真时间为1a,重复次数为10次,得到在通航历时0.5~3.0 h下,各船舶进出港规则对应的散货进口港区航道通过能力与服务水平的关系,如图4所示。

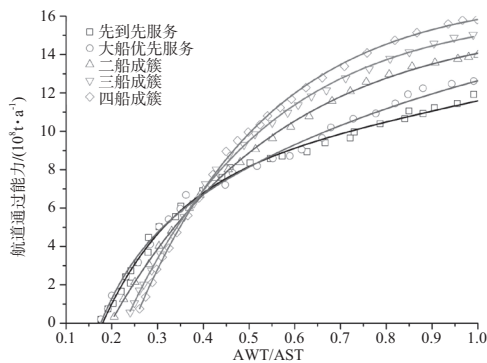


b) 通航历时2.0 h



c) 通航历时3.0 h

图4 基于不同规则的散货进口港区航道通过能力与服务水平关系曲线



a) 通航历时1.0 h

1) 在3种规则下,航道通过能力随服务水平指标值的增加而增大,关系均服从指数分布。对关系点进行曲线拟合,关系式如下:

$$y=Ae^{-x/t}+y_0 \quad (1)$$

式中: y 为沿海进口散货港区航道通过能力(万 t/a); x 为港口服务水平 AWT/AST ; A 、 t 、 y_0 为拟合参数, 其拟合值及拟合优度 R^2 见表 1。由于数据较多, 表中只列出通航 1.0 h、2.0 h 和 3.0 h 时的数据。

表 1 参数拟合值及拟合优度

通航规则	通航历时/h	A	t	y_0	R^2
先到先服务	1.0	-207 720	0.31	123 587	0.99
	2.0	-178 037	0.55	112 924	0.97
	3.0	-232 481	0.31	57 867	0.96
大船优先服务	1.0	-209 756	0.38	139 574	0.98
	2.0	-171 071	0.47	101 069	0.95
	3.0	-219 680	0.33	59 627	0.97
二船成簇	1.0	-269 980	0.37	158 730	0.97
	2.0	-292 327	0.29	104 633	0.98
	3.0	-819 628	0.18	63 489	0.99
三船成簇	1.0	-338 792	0.31	163 466	0.93
	2.0	-469 239	0.23	106 943	0.99
	3.0	-1 322 220	0.16	69 614	0.97
四船成簇	1.0	-397 687	0.29	171 516	0.98
	2.0	-1 103 960	0.16	108 852	0.97
	3.0	-1 157 430	0.17	78 296	0.96

2) 相同服务水平下, 先到先服务与大船优先服务规则对应的航道通过能力基本相同。

3) 临界点。相同通航历时, 港区规模较小, AWT/AST 值较小时, 给定服务水平下, 采用先到先服务规则的航道通过能力要高于采用船舶成簇进出港规则; 随港区规模增大和 AWT/AST 值增加, 采用船舶成簇进出港规则的航道通过能力逐渐高于采用先到先服务规则, 本文称采用成簇规则的航道通过能力开始高于采用先到先服务规则时对应的服务水平为临界值 S_c 。不同通航历时的临界值不同, 如表 2 所示。

表 2 不同通航历时的临界值 S_c

通航历时/h	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
临界值 S_c	0.35	0.37	0.37	0.37	0.50	0.50

4) 超过临界点。不同通航历时下, 给定服务水平, 相对于先到先服务, 不同规则对航道通过能力提高率如表 3 所示, 本文以服务水平 0.6、0.7、0.8 和 0.9 为例。

从表 3 可以看出: ①相对于先到先服务规则, 大船优先服务规则对航道通过能力提高率均在

表 3 不同规则对航道通过能力提高率

服务水平	通航历时/h	航道通过能力提高率/%			
		大船优先服务	二船成簇	三船成簇	四船成簇
0.6	1.0	2	15	25	32
	2.0	2	27	40	60
	3.0	2	41	61	83
0.7	1.0	4	19	39	36
	2.0	0	25	36	52
	3.0	0	40	60	77
0.8	1.0	7	21	30	40
	2.0	-1	21	31	44
	3.0	0	34	51	70
0.9	1.0	8	14	31	38
	2.0	-3	17	26	35
	3.0	0	28	43	60

10% 以内。从图 4 也可看出 2 种规则的曲线基本重合, 因此不认为大船优先服务能改变航道通过能力。②成簇进出港规则可以提高航道通过能力, 成簇数量越大, 提高作用越明显, 且随通航历时增加, 提高作用明显增大。

3 结论

通过构建基于不同进出港规则的散货进口港区船舶航行作业系统仿真模型, 以及对仿真结果数据的整理分析, 得出以下结论:

1) 先到先服务、大船优先服务和船舶成簇进出港 3 种规则下对应的航道通过能力与服务水平均呈指数分布关系。

2) 相同服务水平下, 先到先服务与大船优先服务规则对应的航道通过能力基本相同。

3) 相同服务水平下, 相对于先到先服务规则, 成簇进出港规则对航道通过能力有提高作用, 且成簇数量越大, 提高作用越明显, 但成簇进出港规则仅适合港口规模大的港区。

4) 随通航历时增加, 成簇进出港规则对航道通过能力的提高作用明显增大, 故成簇进出港规则适合航道长度较长的港区。

参考文献:

[1] 张静. 散货港区提升单线航道通过能力的方法研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
 [2] 宣敏明. 利用乘潮水位航道的通过能力计算[J]. 水道港口, 1995(2): 20-26.

(下转第 131 页)