

[文章编号] 1007-7405(2015)05-0365-06

天津港大沽沙航道交通组织优化

方琼林¹, 邵哲平¹, 潘家财^{1,2}, 肖潇¹

(1. 集美大学航海学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门大学信息科学与技术学院, 福建 厦门 361011)

[摘要] 为保障天津港大沽沙航道通航安全畅通, 对该航道通航环境和交通现状进行了研究, 统计分析了大沽口港区和南疆南港区泊位及到港船舶情况, 通过分析通航时间和通航密度, 计算了航道实际通航能力, 指出该航道交通组织优化的必要性. 依据港口发展规划, 对港区货物吞吐量及到港船舶数量进行了预测, 在此基础上提出了大沽沙航道交通组织优化模式和安全保障措施及建议.

[关键词] 天津港大沽沙航道; 通航需求; 交通组织; 优化; 安全措施

[中图分类号] U 675.7; TP 391 **[文献标志码]** A

Study on the Optimization of Traffic Coordination in Tianjin Dagusha Waterway

FANG Qiong-lin¹, SHAO Zhe-ping¹, PAN Jia-cai^{1,2}, XIAO Xiao¹

(1. Navigation Institute, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. School of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361011, China)

Abstract: In order to ensure safe navigation of the Tianjin Dagusha waterway the navigational environment around the waterway and the status quo of the traffic are studied in this paper. Analysis and statistics are carried out on the berths and vessels arriving in the ports of Dagukou and Nanjiangnan. Through analysis on passage times and traffic density, the actual traffic capacity is calculated and the optimization on traffic coordination. According to the port development plan and expected vessel traffic situation, suggestions of traffic coordination optimization mode and safety measures are put forward for the safe navigation and traffic management of Dagusha waterway. The finding from this study provides reference for the relevant authorities in making decisions on safe and efficient navigation, as well as a traffic management and so on.

Key words: Tianjin Dagusha waterway; navigation demand; traffic coordination; optimization; safety measures

0 引言

天津港大沽沙航道南北两侧均为新建港口作业区, 南部为大沽口港区, 北侧为南疆港区南部港区(以下简称南疆南). 大沽口港区主要以散杂货、液体化工、船舶重工、海洋工程、粮油等货物运输为主, 即船舶主体为散杂货船舶、液体化工船舶、修理建造船舶、海洋重工运输船舶和粮油船舶等; 南疆南港区主要以液体化工、LNG 和油品等货物运输为主, 即船舶主体为液体化工船舶、LNG 船舶、

[收稿日期] 2014-10-14

[修回日期] 2014-12-02

[基金项目] 福建省自然科学基金资助项目(2015J01214)

[作者简介] 方琼林(1978—), 男, 讲师, 船长, 从事航海技术研究.

油船等。同时,由于大沽口港区和南疆南港区均处于建设期,两个区域内还有大量的施工船和运砂船。大沽沙航道内端部为传统的渔港,许多渔船经由大沽沙航道航行。又因大沽沙航道毗邻交通要道及城区,在其内端部天然河道浅水区常年有大量的闲置或停滞船舶,此类船舶亦经由大沽沙航道进港或出港^[1]。

由于航行于大沽沙航道的船舶中既有 10 万吨级以上大型船舶,也有大量 1 万吨级以下小型船舶;既有粮油船舶、高危高污染化工品船舶、航速较低的大型拖带船舶及大型试航船舶,也有小型施工船、运砂船、渔船等,这些船舶交相混杂、船员素质参差不齐,对水上交通安全和效率产生巨大的影响,同时也给船舶交通组织和港口生产作业安排提出了巨大的挑战。天津港大沽沙航道是船舶进出大沽口港区和南疆南港区的唯一通道,因此,其交通状况直接影响港区的生产作业及运行。为提高大沽沙航道交通效率,保障船舶通航安全和港口工业的正常运营,开展大沽沙航道交通组织优化与安全对策研究是非常有必要和迫切的^[2]。

1 大沽沙航道通航需求分析

通航需求是评估航道或水域是否满足其设计要求的指标之一,当现实的通航需求超过其实际负荷能力时就需要采取缓解措施,以避免交通环境的进一步恶化。

1.1 泊位统计分析

大沽口港区和南疆南港区 5 万吨级及以上泊位较多,其中已营运泊位中 5 万吨级 6 个,7 万吨级 2 个,10 万吨级 3 个;在建、拟建泊位中 5 万吨级及以上有 31 个。由此可知,本水域港区泊位建设正朝着大型化方向发展,大吨级泊位的增加必将导致到港大型船舶的数量增多,大沽沙航道的通航压力势必增大。

1.2 到港船舶分析

通过对近年到港船舶吨级和船舶种类统计分析,可以发现到港船舶具有以下特征:

- 1) 1 万吨及以下船舶是大沽沙航道的最主要交通量组成;
- 2) 大沽沙航道船舶组成中,2 万吨级及以上的船舶所占比例虽小但增长较快;
- 3) 当前 LNG、LPG 及载运丙烯腈/环氧丙烷/芳烃混合物/乙烯及原油等危险品船舶数量不断增加,受船舶装运货物类和相关规则制约,危险品船舶挤占普通船舶的航行资源已成事实,随着船舶基数的增长,这种情况将延续。

1.3 航道实际通航能力计算分析

港口航道的通过能力是决定港口吞吐能力的重要因素,也是港口规划和设计的重要参数^[3],可为航运交通管理、船舶运输组织提供依据^[4-5],目前大多数研究主要从航道的一般属性(包括航道长度、航道宽度以及航道水深等)和通航船舶的一般属性(包括航速、船舶尺度以及船舶等级等)两个方面来考察航道的通过能力^[6-8]。笔者通过分析通航时间和通航密度来计算航道实际通航能力。

1.3.1 通航时间分析

1) 年可通航天数 (D_1)。年可通航天数主要受自然因素影响,通过对大沽沙航道通航时间的分析,扣除能见度、强风、强冰等对大沽沙航道的综合影响,本航道全年可通航天数为 330 d,即 $D_1 = 330$ d。

2) 特殊日期 (D_2)。特殊时段主要指因节假日或其他原因造成的船舶不能正常通航的天数。从大沽沙航道历史动态数据和惯例上看,一般每年春节前 5 d 和后 10 d 船舶到港数量较少。例如 2012 年春节前 15 d 进出港船舶仅 73 艘次,日均不足 5 艘。即 $D_2 = 15$ d,15 d 通航量 (M) 仅按 75 艘计,即 $M = 75$ 艘。另外,还有一些特殊通航日期,如因船舶到港不均匀造成的日到港船舶数量减少而形成的航道空闲,因特殊事件造成封航等情况,具体计算较为复杂。但从大沽口港区的特点看,其内陆企业原料供给与产品输出具有一定的规律性,每月约 10 d 左右到港船舶较少,每月 5 d 左右到港船舶相对集中,由此造成的大沽沙航道利用率不足,其比率约为 1/3。

综上所述,全年实际可能航天数: $D_1 - D_2 = 330 - 15 = 315$ (d),即每月实际通航天数 D_3 为 26.25 d.

3) 每日有效通航时间 (T_1). 当前大沽沙航道仅限于船舶在日间航行,夏季为 06:30—18:30,即每天通航时间 12 h; 冬季为 07:00—17:00,即每天通航时间 10 h. 夏冬季平均每天通航时间约为 11 h. 但早晨无论是从进港开始还是从出港开始,船舶都不可能立即进入航道. 经估算,船舶从备车离码头至进入航道的的时间约需 20~30 min,从进入航道至速度达到 6~8 kn 还需 5~10 min; 进港船舶从锚地起锚到进入航道约需 30~40 min,即早晨延误通航时间约 0.5 h. 傍晚情况类似,交通流的结束也需要一个过程,这个过程约 20~30 min. 因此,每日通航时间还需减去早晨和傍晚存在的航道空白期,早晨与傍晚合计约 1 h,即使船舶在进出港时衔接良好,每天航道也至少会有 0.5 h 的空闲时间. 因此,将大沽沙航道每日有效通航时间计为 10.5 h,即 $T_1 = 10.5$ h.

4) 单向航道换向时间 (T_2). 航道换向时间主要指由单向航道对驶交通流之间的转换,如由单向进港转换为单向出港,此时仍会造成进港交通流中有一定时间的航道空闲,出港的情况与进港相同. 因此,在计算通航时间时应将此航道空闲时间扣除. 一般而言,进港时按自锚地起锚到进入航道的的时间,出港时计算从码头到进入航道的的时间. 结合大沽沙航道锚地、码头与航道间的距离,进港航道空闲时间约为 15~30 min; 出港由于掉头或操纵原因,时间一般在 20~30 min. 两者合计约 0.5~1 h,取 0.7,即 $T_2 = 0.7$ h. 换而言之,每换向一次所造成的航道空闲时间约为 0.7 h.

当前大沽沙航道主要因气象原因和船舶性质而采取单向措施,根据对大沽沙航道船舶计划的统计分析可知,船舶单向航行的天数约占 80%~90%,每天航道换向 1~4 次不等. 为便于计算全年按单向计,每天换向次数按两次计,即 $T_2 = 0.7 \times 2 = 1.4$ (h).

还有一些情况也会导致航道空闲,如船舶故障、通讯不畅、作业延误等,因情况复杂暂不做计算.

基于上述原因,计算每天实际有效通航时间时,仅需将换向时间扣除,即: $T_1 - T_2 = 10.5 - 1.4 = 9.1$ (h).

1.3.2 实际通航密度

由于大沽沙航道水域环境复杂,导致临港船舶调度指挥中心在安排船舶动态时规定每 30 min 仅安排 2 艘船舶,而在单向的情况下,每艘船舶在航道内所需航行时间约 1 h. 也就是说即使 3 个小时共可安排 12 艘船舶,但实际通过航道的船舶数量仅为 6 艘. 因此,航道的实际最大通航密度仅为 2 艘次/h,即实际最大通航密度为 $\rho_{\max} = 2$.

1.3.3 航道实际通航能力计算

大沽沙航道属于典型的港口狭窄水域,则航道实际通过能力计算模型^[9]:

$$C_n = W \cdot \rho_{\max} \cdot V. \tag{1}$$

其中: C_n 为单向直线航道每小时通过船舶艘数; ρ_{\max} 为实际通航密度 (根据船舶领域理论计算得到); V 为船舶平均速度 (常规情况下在航道内船舶的航行速度为 6~8 kn); W 为航道宽度 (按 10 万吨级航道标准,其宽度为 0.175 km).

根据以上航道及通航船舶参数,对大沽沙航道通过能力进行计算,则每天通过量 $C_d = C_n (T_1 - T_2)$; 每月通过量 $C_m = C_d \cdot D_3$; 每年通过量为 $C_y = C_m \cdot 12 + M$. 计算结果如表 1 所示.

表 1 大沽沙航道船舶通过量计算

Tab. 1 Calculation of the vessel troughout in Dagusha waterway

ρ_{\max} 值	V /kn	C_n /艘 vessel	C_d /艘 vessel	C_m /艘 vessel	C_y /艘 vessel
2	6	2. 1	18	472	5739
2	8	2. 8	25	656	7947

在实际通航环境中,船舶在进出大沽沙航道时受到诸多因素干扰,一个重要的影响因素就是周边施工船和闲置船舶的干扰,从而对整个航道的通过能力产生影响. 日本专家对航道的利用率进行了长

期的统计研究,指出实际交通流量受干扰因素较多,对于交通流量较大的航道,其航道利用率仅为理论交通流量的 52%,即 $k=0.52$ ^[10]. 文献 [11] 提出航道利用率达到 0.5~0.6 时,说明航道已经达到饱和状态. 由于临港船舶调度指挥中心在船舶动态安排时对进出港船舶数量进行了限制,因此本文假设所有船舶的进出港需求均得到满足,即现交通流未达到理论的饱和状态. 根据 D_2 分析认为,目前大沽沙航道的有效利用率不高,每月约 1/3 时间船舶到港不均匀,综合其他因素,确定大沽沙航道的利用率为 60% 较为可信.

据此可计算每年大沽沙航道实际通过船舶的能力为: 当 $V=6$ kn 时, $5739 \times 60\% = 3443$ 艘次; 当 $V=8$ kn 时, $7947 \times 60\% = 4768$ 艘次.

从大沽沙航道船舶的实际运行情况来看,2012 年大沽沙航道实际进出港船舶的通航量为 3345 艘次,2013 年实际进出港船舶的通航量为 3834 艘次,与理论计算结果相差不大,可见本计算方法有效.

通过理论计算与航道实际船舶通过能力的对比分析得出,大沽沙航道通航能力已经接近饱和,随着到港船型的大型化,航道的通过能力将难以满足港区的通航需求. 因此,有必要改善现有通航条件,对现有的船舶交通进行优化组织,以提高大沽沙航道船舶通航能力.

2 大沽沙港区货物吞吐量及到港船舶数量预测

由于南疆南泊位规划指标为年通过能力 1.6×10^8 t,而南疆 32#、33#和 LNG 泊位因运行时间较短,进出船舶数量较少,货物吞吐量也很少. 因此本节的船舶到港数量预测以大沽口港区货运量为主. 大沽口港区 2007—2013 年的货物吞吐量和到港船舶数量统计如表 2 所示. 利用 EXCEL 软件,对表 2 中的货物吞吐量和到港船舶数量进行线性和幂指数拟合,结果如图 1、图 2 所示.

两条拟合曲线的 R^2 分别为 0.9918、0.9789,拟合效果较好,可用于预测,预测结果如图 3、图 4 所示.

表 2 大沽口港区货物吞吐量和到港船舶数量统计
Tab. 2 Capacity and number of arriving vessel in Dagukou Port

年份 Year	吞吐量/10 t Capacity	船舶数量 Number of arriving vessel /艘
2007	247.0	586
2008	506.0	980
2009	807.0	1614
2010	1320.5	2725
2011	1507.0	3045
2012	1805.0	3345
2013	2210.0	3834

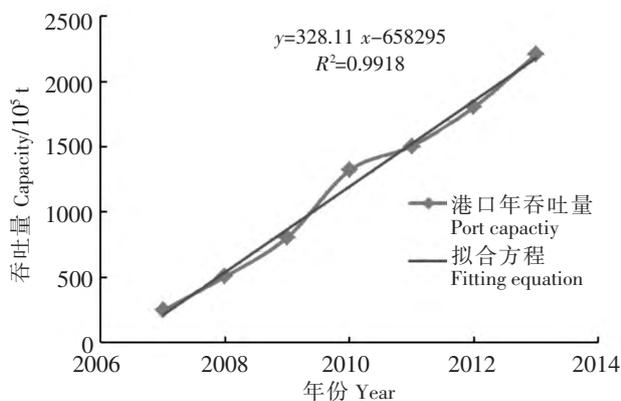


图 1 大沽口港区货物吞吐量拟合
Fig.1 Fitting of port capacity

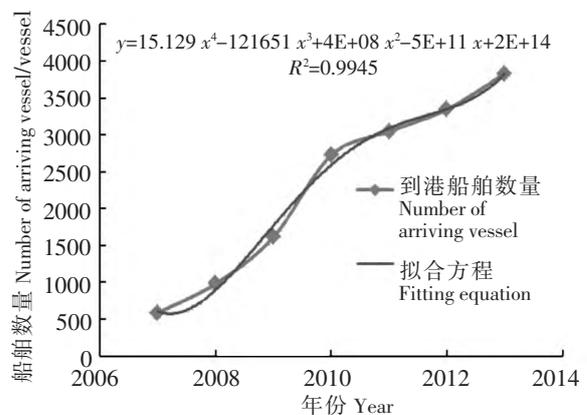


图 2 大沽沙航道到港船舶数量拟合
Fig.2 Fitting of arriving vessel

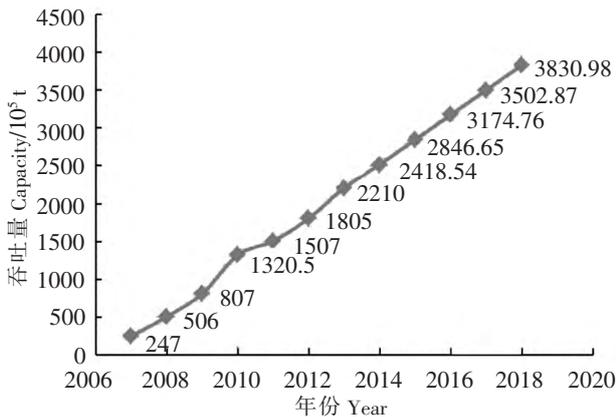


图 3 大沽口港区货物吞吐量预测
Fig.3 Prediction of capacity in Dagukou Port

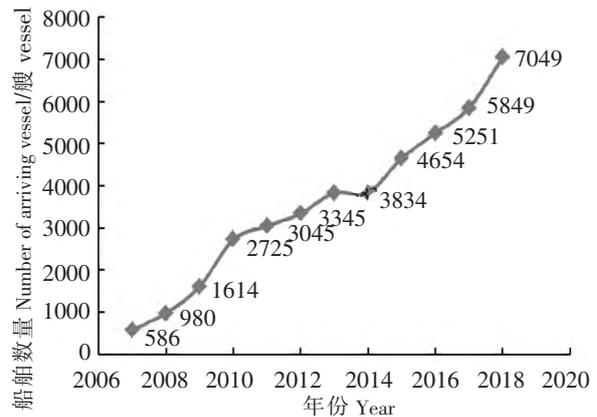


图 4 大沽沙航道到港船舶数量预测
Fig.4 Prediction of number of arriving vessel in Dagulcou Port

由上述分析可以看出, 大沽沙航道两岸的货物吞吐量将在 2013 年后呈线性上升趋势, 吞吐量的增长趋势将给大沽沙航道带来较大的通航压力. 随着到港船舶数量的增加, 大沽沙航道的交通组织难度加大, 风险也随之增大, 船舶通航潜在的碰撞概率增加. 因此, 亟待对大沽沙航道现有的船舶交通组织模式进行科学、有效的优化, 以保障通航船舶的安全.

3 交通组织优化及安全保障措施

1) 实施夜航, 延长航道绝对通航时间

当前进出大沽沙航道的船舶流量不断放大, 船舶种类之间冲突增多, 特别是特殊船舶数量的增多, 该类船舶对航道占用时间较长, 现执行的白天有效通航时间已经不能适应港区发展需要. 因此, 建议尽快开通夜航, 以增加每日有效通航时间, 提高大沽沙航道船舶通过能力.

开通夜航前, 主管部门应进一步加大对施工船舶和渔船的治理力度, 以净化大沽沙航道的通航环境. 对大沽沙航道的夜间通航环境进行专项考察, 结合航道实际情况分船舶种类及大小分阶段实施夜航, 同时对夜航条件、通航标准、保障措施和实施步骤等进行细致研究.

2) 增加船舶通航密度

当前大沽沙航道砂石船和港区涉水工程数量均逐渐减少, 水域通航环境有较大改善, 临港 VTS 已经建成, 进一步放宽对船舶通过密度的限制已经具备条件. 因此, 建议在船舶密度控制上应逐步放开.

3) 加强对重点船舶的管理, 避免交通阻塞

因进出口门附近泊位的船舶通过效率对航道的通过能力产生极大影响, 在实际船舶交通组织中应最大可能避免船舶在口门处慢速航行.

主管部门应加强可能影响通航速度的船舶 (如大型拖带船) 的控制, 对大型船舶 (大吃水和大尺度船舶等) 进行合理组织, 进而提高航道船舶通过量, 避免交通阻塞.

4) 统一调度和管理

鉴于大沽口港区和南疆南港区在统一调度和航道资源 (如拖轮、引航员等) 的安排与协调方面可能出现的冲突和矛盾, 为保证船舶进出港安全, 提高航道的通航效率, 充分发挥 VTS 职能, 建议由临港 VTS 负责管理水域范围内船舶交通组织工作, 对进出大沽沙航道船舶实行统一管理和调度. 以保证大沽沙航道的安全和畅通. 当船舶进出港顺序发生冲突时, 由临港 VTS 依船舶现场、水域情况, 强制性统一安排和协调.

5) 提升通航标准

根据《关于公布天津港 10 万吨级大沽沙航道船舶通航标准 (试行) 的通知》的规定, 5 万吨级

以上船舶只能单向通航。为进一步提高大沽沙航道的通航能力,建议在10万吨级大沽沙航道运行一段时间后,对其开通期间的运行情况进行总结和评估,并在条件成熟的情况下开通10万吨级船舶双向通航。

6) 交通组织优化

针对大沽沙航道交通组织难度大、风险大的问题,在确保安全、效率优先、兼顾公平的前提下,建议本航道的交通组织优化原则如下:安全原则,先危化,后普通,先出港,后进港;效率原则,先快速后慢速;受限原则,满足乘潮时间、满足班轮时间;相互影响原则,进港先里后外,出港先后外里;相邻(泊位)/相对(南北两岸泊位)不同时。

4 结论

通过对影响大沽沙航道交通安全与效率因素的分析,提出了大沽沙航道船舶的交通组织优化方案;同时针对当前交通安全状况,提出改善船舶交通安全的建议,为主管机关实施船舶交通组织和安全决策提供参考,从而达到促进船舶交通安全、保障水上交通畅通、提高交通效率和促进区域经济发展的目标。

[参考文献]

- [1] 翟征秋. 天津港大沽沙航道施工期回淤研究 [J]. 水道港口, 2013, 34(2): 128-132.
- [2] 张海涛. 铜鼓航道交通组织方案研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [3] 敬贤. 大型海港进港主航道通过能力以及交通组织模式研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- [4] 万长征. 桥区航道船舶通过能力研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
- [5] 于志青. 排队论在交通工程中的应用研究 [J]. 中州大学学报, 2005, 22(1): 118-119.
- [6] ZHU J, ZHANG W. Calculation model of inland waterway transit capacity based on ship-following theory [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2009, 5(9): 83-87.
- [7] ESTACHE A, GONZÁLEZ M, TRUJILLO L. Efficiency gains from port reform and the potential for yardstick competition: Lessons from Mexico [J]. Elsevier, 2002, 4(30): 545-560.
- [8] SHY BASSAN. Evaluating seaport operation and capacity analysis—preliminary methodology [J]. Maritime Policy and Management, 2007, 1(34): 3-19.
- [9] 吴兆麟, 朱军. 海上交通工程 [M]. 2版. 大连: 大连海事大学出版社, 2004: 104-106.
- [10] 野本谦作. 船舶操纵性和控制及其在船舶设计中的应用 [M]. 北京: 中国船舶科学研究中心, 1982.
- [11] 赵智帮, 李鑫. 航道通过能力的计算方法 [J]. 港口技术, 2011, 48(6): 16-17.

(责任编辑 陈敏 英文审校 周云龙)