



LNG船舶进出港对珠海港主航道通过能力影响

李红亮¹, 杨传波²

(1. 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071;

2. 长江航道测量中心, 湖北 武汉 430010)

摘要: 介绍珠海港高栏港区LNG码头及航道疏浚工程概况。基于LNG船舶航行时的特殊安全要求建立航道通过能力影响模型, 用两种方法分别计算LNG船舶对高栏港主航道船舶通过能力影响程度, 并对结果进行比较分析, 提出降低LNG船舶对主航道影响的相关对策。

关键词: LNG船舶; 航道通过能力; 影响分析

中图分类号: U 612.32

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)06-0085-004

Impact analysis of channel capacity of LNG ships' entering and leaving port of Zhuhai

LI Hong-liang¹, YANG Chuan-bo²

(1. CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430071, China; 2. Changjiang Waterway Survey Center, Wuhan 430010, China)

Abstract: This paper introduces the project of LNG terminal and waterway dredging in Zhuhai port. Based on the special security requirements, it establishes the model of channel capacity, and calculates the degree of influence by two ways. At last, it compares the results and analyses the relevant, and puts forward the countermeasures to reduce the impact of LNG ships.

Key words: LNG ship; traffic capacity of navigation channel; impact analysis

随着国民经济的持续发展, 产业结构整体优化升级, 节能减排等发展战略继续实施, “十二五”及今后很长时间内, 我国能源结构将由目前的煤炭、石油为主向液化天然气和电能等清洁能源方向转变。珠海LNG航道疏浚工程便是在这种背景下开展实施的。

目前, 珠海港高栏港区LNG航道与主航道共线。由于LNG船舶具有易燃易爆性、低温冻裂性以及易挥发扩散泄漏性等危险特征^[1], 因此LNG船舶在主航道航行时必然对进出港船舶造成影响, 合理评估LNG船舶对航道通过能力的影响对确定航道建设方案经济效益具有重要意义。

计算LNG船舶对航道通过能力影响的方法主要有两种, 一种为航行影响率模型, 通过LNG船舶进入航道的实际情景来分析其影响程度^[2]; 另一

种为航道资源占用模型, 通过测算LNG船舶占用航道相当长度计算其影响程度。本文分别利用这两种方法计算LNG船舶对珠海港高栏港区主航道通航能力影响程度, 并比较其优劣, 使结果更为准确可信。

1 工程概况

珠海LNG航道疏浚工程主要为珠海港高栏港区LNG码头服务。LNG码头建设规模为: 一期工程建设一个靠泊8.0万~27万m³LNG船舶位、一个工作船舶位, 年设计吞吐量为350万t, 预计2013年建成投产; 二期工程建设一个靠泊8.0万~27万m³LNG船舶位、一个工作船舶位, 年设计吞吐量700万t。设计代表船型为26.7万m³LNG船舶, 主尺度如下: 船舶总舱容量26.7万m³, 总长345 m, 型宽55.0 m,

收稿日期: 2012-11-19

作者简介: 李红亮(1984—), 男, 工程师, 从事水运技术经济研究。

型深27.2 m, 满载吃水12.0 m。

目前珠海港高栏港区航道按照10万吨级整治后, 可满足10万吨级船舶乘潮通航, 航道设计底高程为-15.4 m, 航道宽度为210 m。按照LNG船舶通航要求, 航道宽度应该满足5倍船宽要求, 目前航道宽度无法满足大型LNG船舶安全通航。基于此, 珠海LNG航道疏浚工程建设规模为疏浚高栏港区主航道以满足27万m³LNG船舶全天候航行要求。航道疏浚长度为9.539 km, 疏浚后航道宽度达275 m。

2 主航道通过能力计算

根据高栏港区海事处统计海船资料, 2011年进出高栏港海船约9 188艘次, 其中液化气和散装化学品船分别为801艘和581艘, 未来随着航道疏浚工程的实施和航道条件的改善, 到港船舶将向大型化、标准化方向发展, 港口货物吞吐量和船舶通过量将得到明显提高。

目前港口航道通过能力计算方法主要有3种: 排队论法、数值模拟法以及利用率(或饱和度)法^[3]。按照经典排队论计算所得的港口航道通过能力存在许多问题; 数值模拟法虽可进行近似计算, 但计算结果较为复杂, 不够直观易懂^[3]。本着简单易懂、准确方便的原则, 本项目航道通过能力按利用率法进行计算。

由于本项目为双向航道, 在不考虑同向航行船舶的超越问题情况下, 双向航道的通过能力可以简化为进港或出港两条各自独立的航道来计算。按照利用率法, 双向航道考虑进港和出港的年通过能力可表示为:

$$M=2 \times 24v\rho T_y/D \quad (1)$$

式中: v 为船舶在航道中航行的平均速度; T_y 为航道年工作天数; ρ 为航道利用率, 也称为饱和度; D 为平均每艘船舶航行中占用航道的长度, 可根据国内外相关研究成果确定。通过观测资料以及历年统计数据, 计算得到双向航道通航期间可通过的船舶数量为35 920艘次, 船舶日进出港密度为110艘次^[4]。

3 航道通过能力影响计算

根据《液化天然气码头设计规范》^[5]和海事主管机关的规定, 在LNG船舶进出航道时, 航道

将实施交通管制并配备护航船舶, LNG船舶的前后除护航船舶外一定距离范围内不得有其他船舶航行, 航行影响率和航道资源占用模型就是在这种航行要求下建立的。

3.1 航行影响率模型

1) 模型建立。

LNG船舶对航道通过能力的影响与航道长度、船舶航行密度、船舶尺度等相关。根据LNG船舶通航时的安全要求, 采取独占航道方式航行进港或者出港时, 对LNG船舶同向航行船舶和逆向航行船舶的通过能力的影响是不同的。

①LNG船舶对同向航行船舶的影响程度。

设LNG船舶每次独占式通过对航道或航路的同向船舶通过能力的影响量为 N_d^{same} , 主要是由清空航道时间段内影响正常航行的船舶数量 N_{clear} 和保持在LNG船舶安全区外航行时间的影响数量 N_s^i 以及等待的船舶恢复正常航行时的影响数量 N_{wait} 所组成。计算式为:

$$N_d^{same} = N_{clear} + N_s^i + N_{wait} = \frac{L_{ch}^i + L_{sh}^i + S_{clear}}{v_{sh}^i T_{int}^i} + \frac{L_{LNG} + Z_{saf} + S_{LNG}}{v_{LNG}^i T_{int}^i} + \frac{S_{wait}}{v_{sh}^i T_{int}^i} \quad (2)$$

简化为:

$$N_d^{same} = \left(\frac{L_{ch}^i + L_{sh}^i + S_{clear} + S_{wait}}{v_{sh}^i} + \frac{L_{LNG} + Z_{saf} + S_{LNG}}{v_{LNG}^i} \right) \frac{1}{T_{int}^i} \quad (3)$$

式中: L_{ch}^i 为航道长度; L_{sh}^i 为航道内航行船舶平均长度; S_{wait} 为其他船舶由锚地或者泊位进入航道的平均距离; T_{int}^i 为船舶平均时间间隔; S_{LNG} 为主航道清空前LNG船舶距离主航道入口的安全距离; S_{clear} 为其他因素影响航道清空所需的富裕距离; S_{LNG} 为LNG船舶平均长度; Z_{saf} 为船舶安全区长度; v_{sh}^i 为除LNG以外其他船舶平均航速; v_{LNG}^i 为LNG船舶的平均航速; $Hour$ 为LNG船舶每天能通航时段。

LNG船舶每次进港或者出港对双向通航的航道与LNG船舶同向船舶的通过能力的影响率为 η^{same} , 则:

$$\eta^{same} = \frac{N_d^{same}}{Hour \times 3600} = \frac{L_{ch}^i + L_{sh}^i + S_{clear} + S_{wait}}{Hour \times 3600 \times v_{sh}^i} + \frac{L_{LNG} + Z_{saf} + S_{LNG}}{Hour \times 3600 \times v_{LNG}^i} \quad (4)$$

②LNG船舶对逆向航行船舶的影响程度。

设LNG船舶每次独占式通过航道或航路对逆向船舶通过能力的影响量为 N_d^{verse} , 其在影响同向航行船舶数量的基础上, 增加了LNG船舶进出航道时逆向船舶不能进入航道航行的影响船舶数量 N_{LNG}^v 。计算式为:

$$\eta^{verse} = \frac{N_d^{verse}}{\frac{Hour \times 3600}{T_{int}^i}} = \frac{L_{ch}^i + L_{sh}^i + S_{clear} + S_{wait}}{Hour \times 3600 \times v_{sh}^i} + \frac{L_{LNG} + Z_{saf} + S_{LNG} + L_{ch}^i}{Hour \times 3600 \times v_{LNG}^i} \quad (5)$$

③总体影响率。

采用LNG船舶独占式航行方式的航行区段, 其综合影响率为:

$$\eta = \max\{\eta^{same}, \eta^{verse}\} \quad (6)$$

即该航行区段综合影响率取对同向航行船舶影响率和对逆向航行船舶影响率的较大值。由于逆向航行船舶影响率比同向船舶增加了LNG船舶沿航道航行时的影响, 所以对于同一航行区段, 在其他条件不变的情况下, 综合影响率为对逆向航行船舶的影响率 η^{verse} 。

2) 参数选取。

航行影响率模型中, 最重要的两个参数为船舶平均长度及船舶航行速度, 其他相关参数可通过经验选取。

①船舶平均长度: 通过对珠海港高栏港区主航道24 h不间断观测, 得到船舶长度分布(图1)。

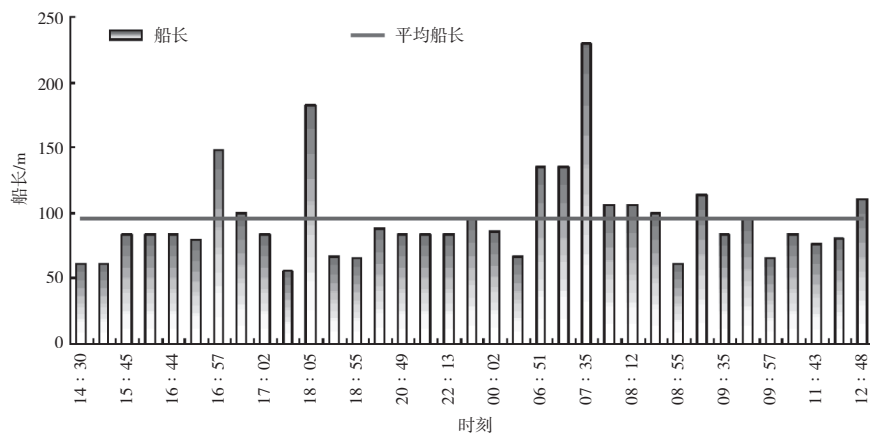


图1 珠海港高栏港区24 h船舶长度分布

珠海高栏港区主航道通航船舶长度目前分布在50~250 m, 船舶平均长度在100 m左右, 预计随着高栏港区其他大型散货码头、集装箱码头以及27万 m^3 LNG码头建成投产, 船舶长度最大将达到

350 m, 船舶长度分布在50~350 m。

②船舶航行速度: 通过对珠海港高栏港区主航道24 h不间断观测, 得到船舶航行速度分布(图2)。

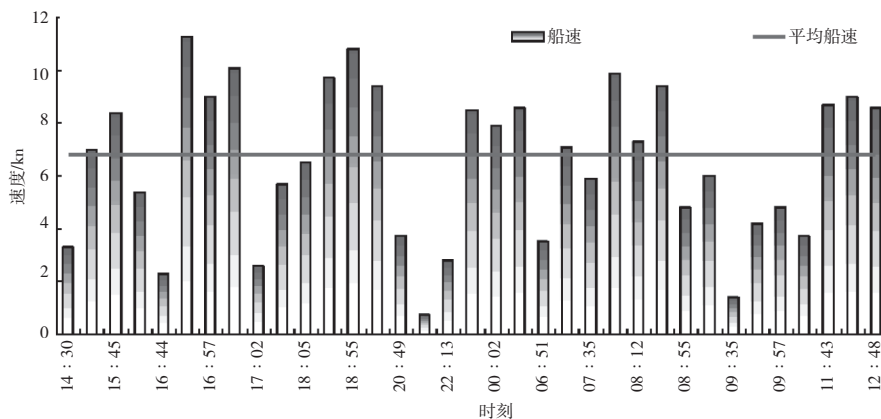


图2 珠海港高栏港区24 h船舶航速分布

珠海高栏港区主航道通航船舶平均速度为6.8 kn,在海况较好的情况下最大航速可达到11 kn。航道条件的改善将在一定程度上提高船舶航行速度,结合未来航道整治目标,预计主航道船舶平均速度将提高到7.5 kn,LNG船舶平均航行速度为6 kn。

通过以上分析结合基础资料可得到高栏港区LNG船舶航行影响率参数值, $L_{ch}^i=9\ 539\text{ m}$, $L_{ch}^i=100\text{ m}$, $v_{ch}^i=7.5\text{ kn}$, $v_{LNG}^i=6\text{ kn}$, $L_{LNG}=345\text{ m}$, $Z_{saf}=2\text{ n mile}$, $S_{wait}=2\text{ n mile}$, $S_{LNG}=1\text{ n mile}$, $S_{clear}=1\text{ n mile}$ 。

通过公式计算得到LNG船舶对珠海港高栏港区主航道通过能力的影响率为5.7%。根据船舶通过量计算结果,可得到高栏港区LNG船舶航行2020年对主航道通过能力影响平均为6.3艘/d,年影响船舶艘次数为2 079艘次数。

3.2 航道占用率模型

1) LNG船舶航行期间占用航道的长度。

①对于同向航行的船舶。

根据《液化天然气码头设计规范》,LNG船舶航行时,其前后1 n mile范围内不能有其他船舶航行。靠、离泊作业时,LNG船舶仍处于在航状态,其前后1 n mile的排他性航道占用长度仍需保持,但其中离开泊位前和靠泊后港外方向的1 n mile排他性航道可不必保持。因此,对于同向航行的船舶,LNG船舶占用的航道长度为:

$$S=1+L/1\ 852+T_b v \quad (7)$$

式中: S 为实际占用航道长度(n mile); L 为LNG船舶船长,取345 m; T_b 为LNG船舶靠离泊影响航道的的时间,取0.5 h; v 为航道内船舶的平均航速,取6 kn。

根据上式计算,对于同向航行的船舶,LNG船舶每次航行占用的相当航道长度为4.19 n mile。

②对于相向航行的船舶。

LNG船舶航行时,在整个航行和靠、离泊过程中,LNG船舶前后1 n mile不得有相向航向的船舶驶入。因此,对于相向航行的船舶,LNG船舶占用的相当航道长度为:

$$S=2S_c+1+L/1\ 852+T_b v \quad (8)$$

式中: S_c 为航道长度,取5.4 n mile。

根据上式计算,对于相向航行的船舶,LNG船舶每次航行占用的相当航道长度为14.99 n mile。

2) 进出高栏港区的其他船舶在航道上的分布密度。

设船舶计划靠泊和离泊时间均匀分布,则某一方向上的航行船舶在航道上的分布密度为:

$$D=0.5Q/(24v) \quad (9)$$

式中: D 为船舶分布密度(艘/n mile); Q 为船舶流量(艘/d); v 为平均航速,取7.5 kn。

3) 影响主航道通过能力水平。

根据预测,2020年珠海港高栏港主航道断面船舶流量为110艘/d,船舶分布密度为0.31艘/d,LNG船舶对同向航行船舶影响为1.30艘/d,对相向航向的船舶影响为4.65艘/d,总体影响率为5.95艘/d,每年影响的船舶通航次数为1 964艘/a。

4 航道通过能力影响计算结果分析

从影响程度上分析,两种方法计算得到的结果相对误差在5.5%左右,且航行影响率模型计算结果较航道资源占用率模型大,主要原因在于航行影响率模型考虑了LNG船舶进入主航道之前清空航道的时间及富裕时间,对各种情景的模拟较航道资源占用率模型全面。

从计算的复杂性上分析,航行影响率模型需要考虑的参数较多,且部分参数需要通过实际观测统计得到,而航道资源占用率模型相对简单些,仅需要通过经验公式及预测得到的船舶密度即可计算得到航道影响率。

从结果的可信度上分析,由于船舶到港不平衡性的特点,航道资源占用模型将船舶靠泊和离泊模拟为均匀分布是对模型的简化处理,与实际情况有差异,但由于船舶到港的复杂性以及随机性,确定其分布规律需要做专题研究,且不同港口由于外界环境不同分布规律也有差别,专题研究结果通用性较差,获取数据成本较高,因此一般只做简化处理。相对于航道资源占用模型而言,航行影响率模型考虑的因素较为全面,结论较为可信。将两种方法进行对比分析有助于合理确定LNG船舶对航道通过能力影响程度。

(下转第113页)