

内河航运中的船舶流当量研究

卞艺杰

(河海大学国际工商学院 ,江苏 南京 210098)

摘要 :在航运规划及航道通过能力的分析中 ,常常遇到不同船型混合交通的情况 ,使通过能力的计算变得非常复杂 ,文中提出了“ 船舶流量当量 ”的概念及算法 ,即用普通船舶相对于标准船舶在航道通过能力上的比例来表示 .船舶流量当量研究的目的在于揭示交通流特性方面不同船型之间的关系 ,是实现内河运输动态规划的一个基础 .

关键词 :航运 ;规划 ;船舶当量

中图分类号 :U692 文献标识码 :A 文章编号 :1000-198X(2000)06-0097-03

航运规划中一个重要的基本问题就是如何计算航道^[1~4]的通过能力 .航道通过能力的计算有一些经验公式 ,大多是静态的 ,通常事先设定一种航道上可能的船型比例构成、航行的速度及其它一些参数 ,计算出航道年可能通过的最大货运量(万 t) ,作为航道的通过能力 .但是将来航道条件改善之后 ,航道上实际的船舶构成与航行速度等不可能与假设的一致 ,也不会是静态的、一成不变的 ;另一方面即使考虑了航道上的动态船舶构成及航行速度 ,计算出的航道通过能力将随着上述因素而变化 ,这样航道的通过能力变得不确定 ,因而难于对不同航道的通过能力进行相互比较 ,所以这种算法有很大的局限性 .为此我们提出 ,利用一种标准船型 ,计算这种标准船型在航道上的年可能通过量 ,作为航道的通过能力 ,这样航道的通过能力就是一个稳定的量 ,代表了航道的特征 ,不同航道的通过能力也能相互比较 .通过本文提出的船舶当量的概念与计算方法 ,可以为动态优化规划的实现提供基础 .

1 船舶流量当量的概念

通常选择一类较小的船型作为标准参考船型——简称标准船型 ,而将其余各种船型的流量在“ 交通流特性等效 ”的意义下换算成标准船型的流量 ,这种换算系数即为船舶流量当量 ,简称船舶当量 .

设有 M 种船舶类型 ,选择其中最小的船型作为标准参考船型 e .定义第 m 种船舶的流量当量

$$r^m = q^{e*} / q^{m*} \quad m = 1 \dots ,M \tag{1}$$

其中 : q^{e*} ——标准船的最大流量 ; q^{m*} ——某河段上仅通行第 m 种船舶时的最大流量 .

这里有以下几点应特别注意 :

- a. 船舶流量当量是指船舶间的相互关系 ,反映不同船舶在交通流特点上的等效性及换算关系 ,所以从这种意义上讲 ,船舶当量是一个与航道无关的量 .
- b. 但是在航运规划中 ,由于内河运输的特点 ,航道条件对船舶的影响确实存在 ,而且影响很大 .通常取最小吨位的船舶作为标准参考船 ,这种船舶应该能在所有规划航道上航行 ,但有些大吨位的船 ,尽管可以用船舶当量折算成小吨位的标准船 ,但由于航道底宽及水深的影响 ,实际上无法在小航道上航行 .另外 ,即使某种大吨位船能在航道上航行 ,但所受航道条件的影响与小船也不一样 ,所以在实际规划中 ,计算船舶当量时 ,应考虑不同航道的影响 .

2 船舶流量当量及分析计算

式(1)给出了船舶流量当量的概念模型 ,但在实际计算分析中 , r^m 受一些船舶交通流特性的影响 ,也受

航道条件的影响.因为在不同航道上,某种船舶最大流量的有关参数相差很大,导致 r^m 受航道参数的影响很大,通常 r^m 不为一个常数,会受航道条件的约束,记作 r_n^m ,其中 n 为第 n 种航道.

2.1 航道上船舶最大流量计算

航道上船舶最大流量 q^{m*} 计算方法:

$$q^{m*} = V_m \cdot \rho_m \cdot f(\beta_1 \dots \beta_k) \tag{2}$$

$$\rho_m = [1/L_m(1 + \alpha_m)] \cdot [B/W'_m] \tag{3}$$

其中: V_m ——畅行速度,即船舶间无相互影响时的航行速度; ρ_m ——该河段上船舶之间无影响时的最大船舶密度; $\beta_1 \dots \beta_k$ ——参数,如航道上船舶不均匀系数,双向交会影响系数等; L_m ——第 m 种船舶的长度; α_m ——第 m 种船舶安全畅行时的船头距离系数(通常,对船队来说参数 $\alpha_m = 1$,单只机动船 $\alpha_m = 2$); B ——航道的宽度,m; W'_m ——船舶航行时所占的航道宽度,m.

2.2 船舶航行时所占的航道宽度

根据航道整治工程技术规范,双向航道的宽度公式:

$$B = 2W_0\cos\alpha + 2L_0\sin\alpha + C_1 + 2C_2 \tag{4}$$

式中: α ——漂角(一般 α 在 $3^\circ \sim 5^\circ$); C_1 ——船与船之间的横向舷距,m; C_2 ——船与航槽边线的距离,m; W_0 ——船舶的宽度,m; L_0 ——船舶的长度,m,若为拖带船队,则取最大单船的长度.

在平原、丘陵地区,按常用航道设计经验公式:

$$C_1 = 0.7W_0 + 4 \qquad C_2 = 0.2W_0 + 1.2$$

所以船舶航行时占的航道宽度估计为:

$$W'_0 = W_0\cos\alpha + L_0\sin\alpha + C_2 + \frac{1}{2}C_1 = (0.55 + \cos\alpha)W_0 + L_0\sin\alpha + 3.2 \tag{5}$$

2.3 航道上船舶当量

设共有 N 种航道,第 n 种航道的宽度为 B ,则第 m 种船舶的当量 r_n^m ,可通过式(2)(3)(4)(5)推导出:

$$r_n^m = \frac{V_e \frac{1}{L_e(1 + \alpha_e)} \cdot \left[\frac{B}{W'_e}\right] \cdot f(\beta_1 \dots \beta_k)}{V_m \frac{1}{L_m(1 + \alpha_m)} \cdot \left[\frac{B}{W'_m}\right] \cdot f(\beta_1 \dots \beta_k)} \tag{6}$$

其中: V_e 、 α_e 、 W'_e 、 L_e 、 V_m 、 α_m 、 W'_m 、 L_m 分别为标准参考船及第 m 种船型的畅行速度、船头间距系数、船舶的宽度和船舶(队)长度.当第 m 种船型为船队时, L_{m0} 为最长驳船的长度,否则, L_{m0} 为船舶长度.

3 应用与分析

船舶流量当量的概念,已经成功地应用到大型的航运网规划,取得了满意的结果,下面通过江苏省航运系统优化规划研究中的算例来分析船舶流量当量概念与算法的科学性与合理性.

根据长江三角洲地区的实际情况,船舶航行速度都在 $7 \sim 8$ km/h,所以这里可不考虑航行速度对船舶当量的影响.

我们选择常用的船型进行分析,规划船型参数如表1.

表 1 典型船型参数

Table 1 Parameters of representative vessels					m
船型 /吨级	驳船		船队		
	长×宽×型深	满载吃水	长×宽×吃水	编队类型	
20	16×3.6×1.4	1.00			
40	18×4.1×1.4	1.10	273.5×4.1×1.4	1拖14驳	
60	21.4×4.5×1.64	1.34	276.5×4.5×1.8	1拖12驳	
100	25×5.2×1.95	1.50	323.5×5.2×1.75	1拖12驳	
300	35×9.2×1.3	1.30	89×18.4×1.3	1顶4驳	
500	45×10.8×1.6	1.60	112×21.6×1.6	1顶4驳	
1000	67.5×10.8×2	2.00	160×10.8×2	1顶2驳	

选择20t的船舶为标准参考船型,设航道宽度满足所有船舶双向航行,并且为所有船型的 W'_m 公倍数,

这样就可以忽略航道宽度对船舶当量的影响,这时的船舶当量只反映船舶在交通流特性上的相互关系。由公式(6)得 40 吨级船队的流量当量 $\gamma_{40}=12.43$ 。同理可以计算其余船舶类型的流量当量,如表 2。

表 2 不同船舶类型的流量当量

Table 2 Equivalent of different vessels

船型/吨级	长度/m	宽度/m	计算长度/m	当量	单位当量船运量/t	船舶总吨位
20	16	3.6	16	1	20.00	20
40	273.5	4.1	18	12.43	45.04	560
60	276.5	4.5	21.4	13.50	53.32	720
100	323.5	5.2	25	17.56	68.32	1200
300	89	18.4	89	13.93	86.16	1200
500	112	21.6	112	20.46	97.74	2000
1000	160	10.8	160	18.93	105.64	2000

下面通过“单位当量船运量”这个概念来说明船舶当量概念的合理性。将某船型利用一个单位标准船舶的航道能力时能运输的运量称为“该船舶的单位当量船运量”,实际计算公式:

$$Q'_m=Q_m/r_m$$

(7)

其中: Q_m ——第 m 种船型的总运量(载重量); Q'_m ——第 m 种船型的单位当量船运量。

由式(7)可计算出各种类型船舶的“单位当量船运量”,结果见表 2。由表 2 可以看出,随着船队运输能力的增加,单位当量船运量也增加,从 20 吨级的 20t,40 吨级船队的 45.04t 增加到 500 吨级船队的 97.74t,1000 吨级船队的 105.64t。说明在占用同样航道的情况下,大吨位船队的运量远大于小吨位船舶的运量。大吨位船队能更好地发挥航道的效率。这个结论与内河航运的规律相吻合,说明“船舶当量”与“单位当量船运量”符合内河航运的基本理论,反映了船舶交通流的基本规律。

4 结 论

本文对内河航运中的一个基础性问题——船舶当量进行了研究,并且结合中国长江三角洲地区的实际情况,提出了相应的参数,通过算例分析,说明了船舶流量当量概念的科学性,同时提出了“单位当量船运量”的概念,从理论上反映出了大型船队在利用航道的效率远远高于小型船队。本文提出的船舶流量当量的概念,对内河航运的动态规划,及其它内河航运问题的研究具有重要意义。

参 考 文 献:

[1] Smith M, Existence uniqueness and stability of traffic equilibrium[J]. Transportation Research, 1979, 13B.
[2] 何显慈,马川生.交通系统工程[M].武汉:华中理工大学出版社,1989.113~115.
[3] 邱民.船舶交通工程学[M].北京:人民交通出版社,1992.85.
[4] 蔡庆麟.水运运输系统分析[M].北京:人民交通出版社,1991.49.

Research on Vessel Equivalent in Inland Waterway Transportation

BIAN Yi-jie

(College of International Industry and Commerce , Hohai Univ. ,Nanjing 210098 , China)

Abstract : Because of multiplex vessels , the calculation of channel capacity becomes very complex in inland waterway planning and channel capacity analyzsis. The concept and algorithm of“ vessel equivalent ” is put forward to solve the above problem. In this paper the vessel equivalent reflects the proportion of channel capacity for different vessels. The objective of vessel equivalent research is to reveal the relationship between different vessels in the aspect of traffic flow. Research of vessel equivalent is a foundation for the realization of dynamic inland waterway planning.

Key words : inland waterway ; planning ; vessel equivalent