

一种快捷计算锚地锚位数量的通用公式

邱珍英, 徐元, 曾建峰

(中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

摘要: 现有的锚位计算公式仅适用于待泊锚地的锚位数计算, 且当平均泊位利用系数 P 大于 0.8 时计算结果将出现较大偏差。对于候潮、避风等锚地, 目前尚无较好方法用于计算。结合实际工作需要, 研究了较为通用的锚地规模计算方法并编程实现快捷计算。

关键词: 锚地; 计算方法; 通用; 公式

中图分类号: U 656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)04-0021-03

Quick and general calculation formula for number of anchor

QIU Zhen-ying, XU Yuan, ZENG Jian-feng

(Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: The existing anchor calculation formula is only applicable to the calculation of the number of anchorage waiting for berth, and when the average berth utilization coefficient P is larger than 0.8, the calculation results will appear larger deviation. In addition, the anchorage used for waiting for the tide or sheltering from wind, there is no good method used to calculate the number at present. Therefore, this paper studies the general anchorage scale calculation method and programming to achieve the fast calculation combining with actual needs.

Key words: anchorage; calculation method; general; formula

锚地是指供船舶安全停泊、候潮、避风、海关边防检查、检疫、装卸货物和进行过驳编组作业的水域。锚地规模由两个因素确定, 一是锚地锚位数量, 二是锚位尺度(每个锚位所占水域面积)。锚位尺度在 JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》中有明确的计算方法。锚位数在《海港工程设计手册》(上)中虽有计算公式, 但由于该公式仅适用于计算待泊锚位且计算较复杂, 所需资料较多, 难以应用于其他类型锚地的专项设计, 因此在设计时常常是在水深满足要求的情况下尽可能将锚地面积划大, 然后反推可能布置的锚位数并复核是否满足需求。随着水域资源越来越稀缺, 如何确定适当的锚位数量、锚位等级已越来越受到港航管理部门的重视, 专项设计锚地的课题也将越来越多。鉴于此, 本文拟研究出一种更加通用的锚地规模计算方法并编程实现快捷计算。

1 现有计算公式

1.1 国内计算公式

目前国内现有的锚位计算公式只有一种, 即《海港工程设计手册》(上)中的公式。锚位数量计算采用 $M/M/S$ 排队模型, 该模型假设每艘船在港装卸的服务时间遵循负指数分布, 船舶达到为泊松分布。

假定 λ 为平均每天达到的船舶艘数, $\frac{1}{\mu}$ 为平均每艘船占用泊位的天数, $a = \frac{\lambda}{\mu}$ 为平均每天被利用的泊位数, $P = \frac{\lambda}{S\mu}$ 为平均泊位利用系数, S 为泊位数。其计算公式如下:

$$P_n = \begin{cases} \frac{a^n}{n!} p_0 & (0 \leq n < S) \\ \frac{a^n}{S! S^{n-S}} p_0 & (n \geq S) \end{cases} \quad (1)$$

收稿日期: 2013-07-04

作者简介: 邱珍英(1979—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事水运经济技术研究。

$$P_0 = \left[\sum_{j=0}^{S-1} \frac{a^j}{j!} + \frac{a^S}{(S-1)!(S-a)} \right] - 1 \quad (2)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1 \quad (3)$$

令 $Q_n = \sum_{n=0}^n P_n$ ，即表示在港出现 n 条船的保证率，即港内有少于和等于 n 条船的概率之和。 Q_n 的取值需通过对港口的重要性、附近有无其它锚地等要素分析后确定，通过国内外大量锚地资料对比，一般取 90% ~ 95%。锚地锚位数 $A_n = n - S$ 。

上述公式仅适用于待泊锚地，对于候潮、避风、联检等其他类型的锚地并不适用，因这些类型锚地规模的确定并不对应一定的泊位数量，即 S 无法确定，用上述公式无法计算。此外，经数据验证，当 $\alpha > 0.8S$ ，即 $P > 0.8$ 时，该公式将出现较大偏差，见表 1。究其原因，当 $P (= a/S)$ 越接近 1 时， Q_n 越接近 1，而 n 则越接近无穷，因此，当 $P > 0.8$ 时，所计算的 n 会快速增大。根据三航院《宁波一舟山港东霍山锚地工程工程可行性研究》、《宁波一舟山港金塘锚地、七里锚地调整方案设计》等项目采集到的原始数据，计算对比当 $P > 0.8$ 时，手册公式计算结果和现状实际的锚位数，发现偏差较大。尽管现状锚位存在一定缺口，需委托三航院设计锚地，但按手册公式计算的结果，不仅无法找到如此大面积的水域用于布设锚地，数量上也应该是超出实际需求的。

表 1 手册公式计算结果与实际锚位数对比 ($P > 0.8$)

S	λ	$1/\mu$	a	在港船数 n	实际锚位	手册公式 A_n
5	7.5	0.6	4.5	24	3	19
8	7.2	1.0	7.2	26	4	18
7	7.0	0.9	6.3	25	3	18
3	4.7	0.6	2.7	23	1	20
2	2.1	0.9	1.8	22	1	20
1	1.2	0.7	0.9	20	4	19
15	15.0	0.9	13.5	32	10	17

注： n 计算时取 90% 保证率，通过计算机软件求得； λ 根据港区到港船舶艘次数现状数据计算。

1.2 国外计算公式

根据笔者已查阅的规范和资料，目前国外规范尚无针对锚位数量的计算方法和公式，仅收集到一个来自日本的锚位计算公式，该公式对待泊、

候潮锚地锚位数量按下式计算：

$$n = \frac{1}{2} \left(2 - \frac{k}{100} \right) \frac{Qm}{T_H G} t \quad (4)$$

式中： n 为锚地锚位数量； $k/100$ 为到离港的满载船舶数量占全部到离港船舶的百分比； Q 为各吨级船舶的货物年吞吐量； m 为不平衡系数； G 为船舶的实际载质量； T_H 为泊位作业天数； t 为船舶在锚地平均锚泊天数。

由于该公式已无从考证其出处，公式意义亦无法完全明确且该公式不考虑船舶到港的随机性，而是用静态方法计算锚位需求数，因此，该日本公式的使用也存在一定的局限性。

2 新公式的提出和探讨

2.1 新公式的提出

如前所述，《海港工程设计手册》公式较适用于设计锚地为待泊锚地且 $P \leq 0.8$ 时，其余情况难以计算，故应研究出一种更为通用的公式用于计算锚地锚位数。

由于船舶到港是随机的，研究认为船舶到港服从泊松分布或正态分布^[1]。为此，当研究某港口（航道）船舶到港（通航）规律时，需先根据实际统计资料判断其服从的数学分布，然后再用公式计算。

1) 待泊锚地锚位数计算公式推导过程（有泊位数 S ）。

在泊位正常利用的情况下，锚位数与到港船舶艘次数密切相关^[2]，而船舶到港是随机的，在考虑其服从一定数学分布的情况下（多数资料认为到港船舶服从泊松分布），锚位数由预测到港船舶艘数 N 和港口泊位数 S 两个关键因素共同确定，超出泊位接卸能力的船舶只能到锚地待泊 ($N-S$)。此外，由于航道可通航天数 t_1 与泊位可作业天数 t_2 不一定一致，不同等级、不同类型船舶的装卸时间不尽相同使船舶在锚地候泊的时间 t' 亦有所不同^[3]。

综合考虑前述锚位影响因素，锚地的数量计算公式如下（仅以 N 服从泊松分布为例）：

$$A_n = (N - S) (t_1 / t_2) t' \quad (5)$$

式中： A_n 为需求锚位数量； N 为预测到港船舶艘

数, 服从参数为 λ 的泊松分布, 取 90% 累计概率对应的数值:

$$\lambda = Q / (Gmt_1) \quad (6)$$

式中: λ 为预测到港船舶艘数 (艘/d, 已考虑不平衡系数); Q 为各吨级船舶货物年承运量; G 为船舶载质量; m 为船舶实载率; t_1 为航道年通航天数; t_2 为泊位年作业天数; t' 为锚泊天数, 与船舶在泊位靠泊时间有关, 无量纲。

2) 其他类型锚地锚位数计算公式推导过程 (无泊位数 S)。

由于候潮、避风、联检等锚地与港口泊位数 S 无关, 而与 N, t_1, t_2, t' 均有关, 笔者尝试在式(5)的基础上, 用一系数代替 S 进行对比计算。经计算拟合, 当 S 用数值 60% 代替时, 式(5)和(6)的计算结果最为接近, 即当在计算某一大型综合性港口港内待泊锚地时, 已建泊位、锚地较多, 无法明确锚地所服务的泊位数时, 亦可用(6)代替式(5)计算, 同时这也说明, 式(6)可用于候潮、避风、联检等锚地的锚位数计算。

$$A_n = N (t_1/t_2) t' \times 60\% \quad (7)$$

2.2 新公式的探讨

1) 与日本公式比较。

利用项目实际数据对式(5)和(6)、日本公式进行计算结果对比 (图 1), 经验证, 新公式与日本公式拟合得较好, 误差很小, 说明式(5)和(6)可代替日本公式进行锚位数计算。

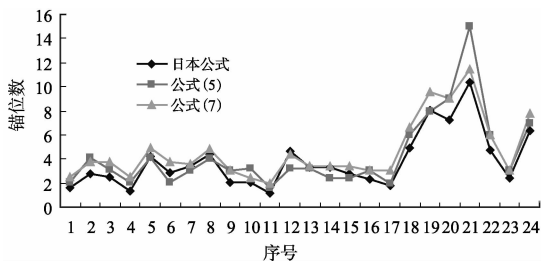


图 1 日本公式与新公式计算结果比较

2) 与手册公式比较。

将式(5)和(6)与手册公式、实际锚位数进行对比 (用表 1 数据), 由图 2 可知, 手册公式与实际锚位数偏差很大, 而式(5)和(6)计算结果与实际锚位数较为接近。

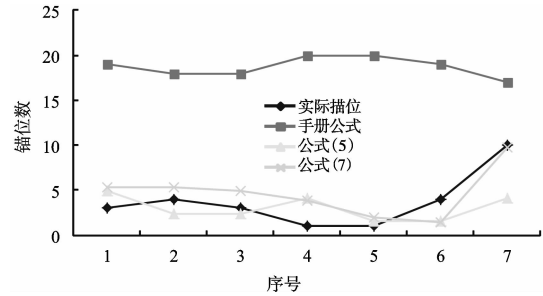


图 2 新公式与手册公式及实际数据对比

2.3 新公式适用范围

当 $P > 0.8$ 时, 手册公式将出现较大偏差, 不适于计算; 式(5)和(6)与实际锚位数更为接近且与日本公式拟合得较好。因此, 当 $P > 0.8$ 时可用式(5)代替手册公式进行待泊锚地的锚位计算, 而式(6)能用于候潮、避风、联检等锚地锚位数计算, 且当无法统计锚地所服务的泊位数时, 亦可用式(6)代替式(5)进行待泊锚地的锚位数计算。

2.4 通用公式

经前述验证, 式(5)和(6)能弥补手册公式的不足, 具有更广泛的适用性。综合分析前述两个公式的异同, 形成通用公式如下:

$$A_n = (N - k_1 S) k_2 (t_1/t_2) t' \quad (8)$$

式中: k_1 为系数, 当有泊位数时为 1, 无泊位数时为 0; k_2 为系数, 当有泊位数时为 1, 无泊位数时为 60%。

3 结语

为满足工作需要, 在已有公式基础上进行探索和分析, 研究出一种计算锚地锚位数量的通用公式, 无论原始数据中是否有港口规划泊位数, 都能计算出港区所需设置锚位; 公式对于候潮、避风锚地也同样适用, 可弥补规范的空缺。通过计算机编程, 能实现计算结果的快、精、准。

参考文献:

[1] 刘敬贤, 李昌伟, 刘文. 基于排队论的锚地规模论证分析[J]. 航海工程, 2009(8): 158-161.
 [2] 王再明, 赵育山. 排队论及其在锚地规模分析中的应用[J]. 中国水运, 2008(7): 65-66.
 [3] 翟洪良. 天津港锚地船舶容量分析[J]. 天津航海, 2008(1): 29-31.