

# 锚泊船舶出链长度及张力估算

钟于祥

(淮安市地方海事局, 江苏 淮安 223001)

**摘要:** 单锚泊船舶根据水情、气象等具体条件, 估算抛锚时出链长度。锚泊时根据出水部分锚链的形状来估计船艇锚泊力的大小和锚位。

**关键词:** 出链长度; 锚链张力; 锚泊力

**中图分类号:** O31; O353.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-7961(2004)03-0003-03

船舶在进行等泊位、锚地过驳或避风时, 都要在锚地锚泊。锚泊作为一种停泊方式具有作业简单、机动性高、抗风浪能力强等特点。在锚地下锚, 进行锚泊操纵本身并不复杂, 但因疏忽大意、操纵不当, 也会导致断链、丢锚、损坏锚机, 甚至走锚搁浅等事故发生。因此, 除增强船员责任心外, 在技术上亦应正确选择锚地, 确定适当的锚泊方式和出链长度, 正确进行锚泊操纵。船舶锚泊方式按船舶配备锚数量和要求不同可分为单锚泊、双锚泊等多种方式, 其中, 单锚泊方式是应用最为普遍的锚泊方式, 它具有作业容易, 抛、起锚方便, 适用水域广等优点。本文主要讨论单锚泊船舶出链长度的估算方法, 预测船舶在风流等外力作用下锚链上的张力及出链长度的合理性。

## 1 单锚泊船舶出链长度估算方法

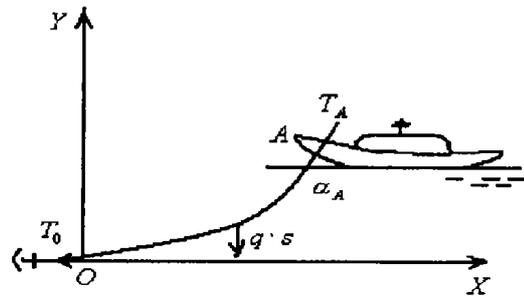
当抛锚时出链长度相对于水深不够充分时, 抓底的锚在船舶的运动或所受风流等外力作用下, 就会使其锚干仰起一个角度。实际操作证明, 抓底的锚, 其锚干仰角越大, 则其抓力系数越小。因此, 在船艇锚泊时, 出链长度必须保证使锚干平贴水底, 使充分发挥抓底能力。一般情况下, 常需一段锚链卧底, 以保证锚干平贴水底, 并产生锚链抓力, 增加当时情况下的锚泊力。当然, 出链长度不能过长, 以避免根据当时锚地底质、锚泊时间、周围障碍物情况以及水文、气象条件综合考虑确定的回旋余地不够。因此锚泊船舶出链长度有一定的限制。

### 1.1 建立平面直角坐标系

把船舶出链部分锚链分为卧底直线和悬链线

两部分。以两部分分界处为坐标原点, 建立图(1)坐标系。

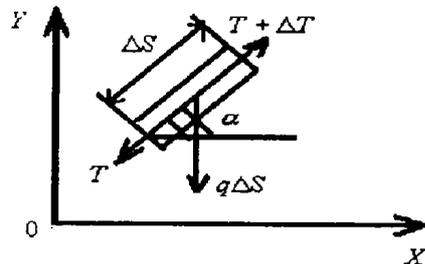
设 O 点处锚链的张力为  $T_0$ 。力的作用线与 X 轴重合, 系船处张力为  $T_A$ , 其作用线与水面成  $\alpha_A$  角, 其  $T_A$  在水平方向的分力即为船舶的锚泊力。锚链单位长度在水中的重量为  $q$ , 水面以上部分锚链长度较短, 其单位长度自重近似为  $q$ , 悬链线部分锚链长度为  $S$ , 卧底直线部分长度为  $L$ 。



图(1)

### 1.2 建立受力平衡方程式

设水中锚链不受水流的作用, 载荷是沿着链长均匀分布并与 Y 轴负方向的锚链自重  $q$ 。任取悬链部分长度为  $\Delta s$  的微元, 其受力如图(2)所示。



图(2)

两端张力  $T$  和  $(T + \Delta T)$ , 其作用线与 X 轴成角, 水中自重  $(q \cdot \Delta s)$ 。张力  $T$  和  $(T + \Delta T)$ , 其作用力  $T$  和  $(T + \Delta T)$  为  $s$  的连续函数。

收稿日期: 2004-05-10; 修改日期: 2004-05-30;

作者简介: 钟于祥(1967—), 男, 工程师。

微元受力函数, 将其展开成泰勒级数, 并略去二阶微量后, 可得张力  $(T + \Delta T)$  在 X 轴上的投影为:

$$T \cos \alpha + \frac{d(T \cos \alpha)}{ds} \cdot \Delta s; \text{ 在 Y 轴上的投影为:}$$

$$T \sin \alpha + \frac{d(T \sin \alpha)}{ds} \cdot \Delta s。$$

可微元受力平衡方程式:

$$\sum F_x = [T \cos \alpha + \frac{d(T \cos \alpha)}{ds \cdot \Delta s}] - T \cos \alpha = 0$$

$$\sum F_y = [T \sin \alpha + \frac{d(T \sin \alpha)}{ds \cdot \Delta s}] - T \sin \alpha - q = 0$$

化简得:

$$\frac{d(T \cos \alpha)}{ds} = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{d(T \sin \alpha)}{ds} - q = 0 \dots \dots \dots (2)$$

由方程(1)可得:

$$\cos \alpha = A_1 \quad A_1 \text{ 为积分常数}$$

当  $X = 0$  时,  $\theta = 0^\circ$ , 可确定  $A_1 = T_0$ , 代入上式得:

$$T \cos \alpha = T_0 \dots \dots \dots (3)$$

即锚链张力在水平方向上的分力不变。

把(3)代入(2)及考虑到  $\tan \alpha = y'$  和  $ds =$

$\sqrt{1 + Y'^2} dx$ , 整理得:

$$\frac{1}{\sqrt{1 + y'^2}} dy' = \frac{1}{c} dx$$

其中  $c = \frac{T_0}{q}$  为悬链线参数

上式积分得:

$$y' + \sqrt{1 + y'^2} = e^{\frac{x+A_2}{c}} \quad \text{式中 } A_2 \text{ 为积分常数}$$

当  $x = 0$  时,  $\alpha = 0$ , 即  $y' = 0$ , 代入上式解得  $A_2 = 0$

$$\therefore y' + \sqrt{1 + Y'^2} = e^{\frac{x}{c}} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{或 } -y' + \sqrt{1 + y'^2} = e^{-\frac{x}{c}} \dots \dots \dots (5)$$

(5) - (4) 并整理得:

$$y' = sh \frac{x}{c}$$

积分得:  $y = c \cdot ch \frac{x}{c} + A_3, A_3$  为积分常数。

当  $x = 0$  时  $Cy = 0$ , 代入上式解得  $A_3 = -c$  得锚链悬链线方程为:

$$y = c(ch \frac{x}{c}) - 1 \dots \dots \dots (6)$$

由式(3)及  $\frac{dx}{ds} = \cos \alpha$  和  $ds = \sqrt{1 + y'^2} dx$  可得:

$$T = T_0 \cdot \sqrt{1 + y'^2} \dots \dots \dots (7)$$

而(4) + (5) 得  $\sqrt{1 + y'^2} = ch \frac{x}{c}$  及(6) 式代入

上式得:

$$T = T_0 + qy \dots \dots \dots (8)$$

由受力图(一) 可得:  $T_A^2 = T_0^2 + (sq)^2$

设水底至锚链筒下口的垂直距离为  $h$ , 则由(7) 式得  $T_A = T_0 + qh$  代入上式, 得悬链线部分锚

$$\text{链长度 } s = \sqrt{h(h + \frac{2T_0}{q})}$$

$$\text{由图(一) 可得 } \sum F_y = T_0 \tan \alpha_A - qs = 0 \dots \dots \dots (9)$$

把(8) 式代入(9) 式, 得锚链的水平张力即锚泊力  $T_0$  与锚链的水平夹角  $\alpha_A$  的关系式:

$$T_0 = qh(1 + \sqrt{\tan^2 \alpha_A}) / \tan^2 \alpha_A \dots \dots \dots (10)$$

把(10) 代入(9) 可得悬链线部分锚链长度  $S$ :

$$S = h(1 + \sqrt{1 + \tan^2 \alpha_A}) \tan^2 \alpha_A \dots \dots \dots (11)$$

若实际出链长度为  $S_{\text{总}}$ , 则卧底部分锚链长度  $L$ :

$$L = S_{\text{总}} - S \dots \dots \dots (12)$$

由  $y' = sh \frac{x}{c}$  及  $x = x_A$  时,  $y' = \tan \alpha_A$  代入得:

$$x_A = c \cdot \ln(\tan \alpha_A + \sqrt{1 + \tan^2 \alpha_A})$$

可得到锚与船舶的水平距离  $L_{\text{锚}}$ :

$$L_{\text{锚}} = L + x_A = 1 + c \cdot \ln(\tan \alpha_A + \sqrt{1 + \tan^2 \alpha_A}) \dots \dots \dots (13)$$

## 2 出链长度估算应考虑的因素

### 2.1 锚泊时的各种要素的估算

#### a. 出链长度的估算

设出链长度为  $L_c$ , 卧底链长度为  $L$ , 悬链线部分链长  $s$  由(8) 式确定, 则单锚泊船舶的锚泊力:

$$T_0 = \lambda_\alpha \omega_\alpha + \lambda_c \cdot q \cdot [Lc - \sqrt{h(h + \frac{2T_0}{q})}]$$

若已知当时情况下船舶所受的水平外力为  $F_x$  时,  $F_x = T_0$ , 代入上式可求得最小锚链长度  $L_{\text{min}}$

$$L_{\text{min}} = \frac{F_x - \lambda_\alpha \omega_\alpha}{\lambda_c \cdot q} + \sqrt{h(h + 2 \frac{F_x}{q})}$$

式中:  $\lambda_\alpha$  - 锚的抓力系数

$\omega_\alpha$  - 锚的水中重量

$\lambda_c$  - 卧底链的抓力系数

#### b. 估算实际情况下的锚泊力

一般情况下, 锚链出水部分基本呈直线状

悉,若能测得当时情况下直线锚链与水面的夹角,即为链端的角度 $\alpha_A$ ,利用公式(10)计算锚泊力 $T_0$ ,再根据当时的环境条件判断船舶的锚泊力是否足够。公式应用的精度主要取决于 $\alpha_A$ 角度的测量,尤其当 $\alpha_A$ 值是 $\alpha$ 角度时, $T_0$ 力较大,走锚的可能性也较大。因此要利用各种方法提高 $\alpha_A$ 的测量精度。

### c. 具有符合水深的旋回余地的估算

锚位点与船的水平距离可由式(13)估算,再根据锚链的走向,估计锚的具体位置,然后由单锚泊时的旋回半径(船长+实际允许出链长度)值估算当时局面下锚泊船舶是否具有符合水深的旋回余地。

## 2.2 正常情况下应考虑的因素

上述估算方法忽略了水流对锚链形状及张力的影响,当计及水流对锚链作用时,在相同的船舶水平系泊力下,悬链线部分锚链长度要比不计水流时要长,而且水流对锚链的阻力相对船艇来说减小了锚泊力。因此,在抛锚时要充分估算水流对锚泊的影响,适当增加出链长度。

锚泊船舶的锚泊力是正常锚泊而取得的系留力,在数值上等于锚的抓力与链的抓力之和。船舶安全锚泊的必要条件为锚泊力大于或等于作用于锚泊船舶的水平外力。

配备一定锚设备的船舶,当其处于一定载况下进行单锚泊时,在下走锚的前提下,一定的出链长度可抵御的最大水平外力即该出链长度的临界锚泊力。为抵御大风浪的袭击,操船者应当不为眼前气象情况尚好所局限,在抛锚时或锚泊当中要根据本船舶锚泊中可能遇到或即将遇到的恶劣气象和水情从宽打算,多抛出一些锚链,以实际出链长度

的临界锚泊力为着眼点,较之作用于船舶的实际水平外力所高出的部分即贮备锚泊力。在实际锚泊的操纵中要根据当时的情况计算出链长度,预留足够的贮备锚泊力。

## 2.3 船舶偏荡对锚链张力的影响

锚泊船舶可能会因风流的扰动而不能保证船首恒定于顶风状态,特别是配备双锚而单锚泊的船舶,由于锚泊时左右舷受风流不对称而更易扰动,这样势必造成单锚泊船舶产生偏荡,造成船舶偏荡的外力因素中,风力、波浪力乃至流力均将影响到锚链张力。使锚链张力在正常张力的基础上大小及方向产生周期性变化的冲击张力,从而可能出现阵发性或持续性拖锚并最终导致走锚。必须采取有效方法缓解偏荡,减小风链角、风舷角,使锚链张力减小至最低值,这是防止船舶走锚最重要的一环。在估计出链长度时,应考虑出链长度对船舶偏荡的影响,在估计锚泊有关要素时,应考虑船舶偏荡对出水锚链与水面夹角测量精度的影响。

### 参考文献:

- [1]陈思奕. 船舶管理与安全[M]. 台北:幼狮文化事业有限公司,1986.
- [2]望作信. 船舶事故预测预防[M]. 大连:大连海运学院出版社,1991.
- [3]陆儒德. 船舶倾覆原因与防翻措施探讨[J]. 航海技术,1990,(2).
- [4]D. J. House. Seamanship Techniques: Volume2[M]. ship Handling, 1990.
- [5]蒋维清. 船舶原理[M]. 北京:人民交通出版社,1992.

## Evaluation of Anchoring Chain Length and Tension of Anchored Ship

ZHONG Yu - xiang

(Huaian Maritime Safety Administration, Huaian Jiangsu 223001, China)

**Abstract:** In the scope of the single - anchored ship, this paper: (1) proposes an approach for evaluating the anchoring chain length when the ship casts anchor with the factors in consideration based on the specific conditions of water and weather; (2) discusses an approach for evaluating the anchorage stress and the anchorage site according to the shape of the chain over the water so as to judge whether the anchorage is reasonable or not.

**Key words:** anchoring chain length; anchorage tension; anchorage force

(责任编辑:毛善成)