

文章编号: 1006-7736(2004)01-0055-03

## 基于锚链状态监测的锚泊安全评估<sup>\*</sup>

李伟, 于洋, 刘贤朋

(大连海事大学 航海学院, 辽宁 大连 116026)

**摘要:** 针对锚泊船在强风中容易走锚的情况, 提出了根据锚泊船锚链受力状况, 对锚泊状态做出分析的一种安全评估方法. 对锚链的监测主要是观测锚链在锚链筒处与铅垂线的夹角, 据此可以估算出锚泊船所受到的外力大小. 然后将外力与锚泊力进行比较, 从而可以判断出锚泊船是否处于安全状态.

**关键词:** 船舶锚泊; 锚链受力; 状态监测; 安全评估

**中图分类号:** U675.922

**文献标识码:** A

### 0 引言

船舶在装卸货物、避风、等泊位、检疫及候潮等情况下都要在锚地抛锚停泊. 船舶抛锚后, 由于受到风、流、浪等外力因素的作用可能发生走锚, 从而导致碰撞、触礁、搁浅等事故的发生. 统计资料表明, 随着海运事业的不断发展, 船舶数量的不断增加, 由于忽视锚泊安全造成的事故所占比重越来越大. 因此对锚泊安全进行评估意义非常重大. 目前, 国内外学者对锚泊安全进行了大量的研究, 主要有两种方法, 一种是建立锚泊船舶受力分析模型, 通过计算机模拟对锚泊安全进行评估<sup>[1,2]</sup>. 另一种主要采用观测方法, 如: 听锚链声、看锚链方向、利用岸上固定目标测锚位及测量偏荡周期等方法. 对于生产实践来说第一种方法较为复杂, 第二种方法往往是在走锚相当距离后才被发现. 通过对锚泊船的锚链状态的观察, 估算出悬垂锚链长度、卧底锚链长度和船舶所受外力, 并与锚泊力相互比较, 得到一个简单的判别式, 只需要对锚链在锚链筒处与铅垂线的夹角作出目测, 即可完成. 从而可以对锚泊船是否存在走锚危险以及锚泊安全作出评估.

### 1 悬垂锚链长度与锚泊船受力的估算

锚泊船锚泊状态如图 1 所示.

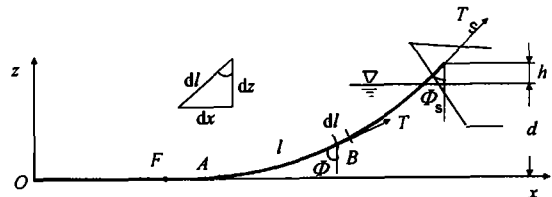


图 1 锚泊船锚泊状态

一般情况下, 锚泊船在风流作用下的运动速度很慢, 因而在锚链上引起的惯性力很小, 可以忽略不计.

根据葛云卿<sup>[3]</sup>、于洋<sup>[4,5]</sup>的推导, 有

$$F = W_c \cdot l_s \cdot \tan \phi_s \quad (1)$$

$$l_s = \frac{\cos \phi_s}{1 - \sin \phi_s} (d + h) = k_1 (d + h) \quad (2)$$

$$l_b = l - l_s = l - k_1 \cdot (d + h) \quad (3)$$

在式(1)~(3)中:  $F$  为船舶所受的水平外力;  $W_c$  为每米锚链在水中的重量;  $l_s$  为悬垂锚链长度;  $\phi_s$  为锚链筒处锚链与铅垂线的夹角;  $d$  为锚地水深;

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2003-03-12. 修回日期: 2003-11-22.

作者简介: 李伟 (1968-), 男, 山东威海人, 讲师.

$h$  为锚链筒距水面的高度;  $k_1$  为一个无因次系数, 只与  $\phi_s$  有关;  $l_1$  为卧底链长;  $l$  为总的出链长度.

## 2 锚泊安全的判别式

从理论上讲, 为保证锚泊船安全必须是船舶所受水平外力小于或等于锚与锚链所能提供的最大锚泊力. 即

$$F \leq t_a + t_c \quad (4)$$

式中:  $t_a$  为锚的抓力;  $t_c$  为卧底锚链的阻力. 其中<sup>[6]</sup>

$$t_a = c_a \cdot W_a \quad (5)$$

$$t_c = c_c \cdot W_c \cdot l_1 \quad (6)$$

在式(5), (6)中:  $W_a$  是锚的重量, 单位是 N;  $c_a$  是锚的抓力系数;  $l_1$  由式(3) 求出;  $c_c$  是锚链在锚地底床上的阻力系数.

于是, 式(4) 变为

$$F \leq c_a \cdot W_a + c_c \cdot W_c \cdot l_1 \quad (7)$$

将式(1)、(2) 和(3) 代入式(7), 化简得

$$(\sin\phi_s + c_c \cos\phi_s) \frac{(d+h)W_c}{1-\sin\phi_s} \leq c_a \cdot W_a + c_c \cdot W_c \cdot l \quad (8)$$

式中:

$$\sin\phi_s + c_c \cos\phi_s = \sqrt{1+c_c^2} \cdot \sin(\alpha + \phi_s) \quad (9)$$

$$\text{其中: } \sin\alpha = \frac{c_c}{\sqrt{1+c_c^2}}, \cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+c_c^2}}$$

为了安全起见, 将式(9) 中  $\sin(\alpha + \phi_s) = 1$  代入式(8), 得

$$k_2(d+h)W_c \sqrt{1+c_c^2} \leq c_a W_a + c_c W_c l \quad (10)$$

其中:  $k_2 = 1/(1 - \sin\phi_s)$  的关系如表 1 所示.

表 1  $k_2$  与  $\phi_s$  的关系

$\phi_s / (^\circ)$	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$k_2$	2.000	2.345	2.799	3.414	4.274	5.530	7.464	10.673	16.582	29.348

根据文献[6], 得

$$W_c = 0.87 \times 0.0219 \times D^2 \times 9.8 \text{ N/m} \quad (11)$$

$D$  为锚链直径, 单位 mm.

根据文献[6],  $c_a$  可取 4,  $c_c$  可取 0.6.

式(10) 就是锚泊安全的判别式. 实践中, 在值锚更班查看锚链时, 观测  $\phi_s$  查表 1 得到  $k_2$ , 即可用式(10) 判别. 如果式(10) 成立, 则安全, 否则, 不安全.

## 3 算例

某船每只锚重 4.5 t, 出链长度 5 节, 锚链直径 58 mm, 满载平吃水时锚链筒至水面高 6.0 m, 锚地水深 12 m, 查锚链时, 测得锚链与铅垂线夹角分别为  $65^\circ, 70^\circ, 75^\circ$ . 判别该船是否存在走锚危险.

由式(11) 得每米锚链重量为

$$\begin{aligned} W_c &= 0.87 \times 0.0219 \times 58 \times 58 \times 9.8 \\ &= 628.12 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\text{则式(10) 右端} = 4 \times 4.5 \times 1000 \times 9.8 + 0.6 \times 628.125 \times 27.5 = 228\ 220.$$

锚链与铅垂线夹角分别为  $65^\circ, 70^\circ, 75^\circ$  时, 查表 1 知  $k_2 = 10.673, 16.582, 29.348$ .

$$65^\circ \text{ 时, 式(10) 左端} = 10.673 \times (6.0 +$$

## 参 考 文 献:

[1] 井上欣三. 有关提高暴风雨天锚泊安全性的研究[J]. 航海, 1985, 84: 28-37.

$$12.0) \times 628.12 \times \sqrt{1+0.6^2} = 140\ 725.$$

$$70^\circ \text{ 时, 式(10) 左端} = 16.582 \times (6.0 +$$

$$12.0) \times 628.12 \times \sqrt{1+0.6^2} = 218\ 636.$$

$$75^\circ \text{ 时, 式(10) 左端} = 29.348 \times (6.0 +$$

$$12.0) \times 628.12 \times \sqrt{1+0.6^2} = 386\ 957.$$

经比较可以看出:

$65^\circ$  时, 式(10) 左端 < 式(10) 右端, 则此时处于安全状态, 不存在走锚危险;

$70^\circ$  时, 式(10) 左端 < 式(10) 右端, 则此时处于安全状态, 不存在走锚危险;

$75^\circ$  时, 式(10) 左端 > 式(10) 右端, 则此时处于危险状态, 存在走锚危险.

## 4 结 论

根据本文分析及例证得到如下结论:

(1) 文中方法在判断船舶锚泊安全过程中比较简单易行. 通过观测锚链在锚链筒处与铅垂线的夹角, 经过简单计算, 即可作出判断.

(2) 通过本文具体算例可知, 对于万吨级船舶, 在本文所示条件下, 当锚链夹角小于  $70^\circ$  时, 一般为安全状态; 当锚链夹角大于  $70^\circ$  时, 存在走锚危险. 这个结论与实际情况相符.

- [2] 早田强. 船舶锚泊的安全评价[J]. 中国航海, 1999(1): 7-12.  
[3] 葛云卿. 船舶设备[M]. 哈尔滨: 哈尔滨船舶工程学院出版社, 1987. 207-212.  
[4] 于 洋, 李 伟. 锚泊中船舶卧底链长的一种估算方法[J]. 中国航海, 2002(1): 40-42.  
[5] 于 洋, 刘锦程, 王 左, 等. 船舶系缆张力分析[J]. 大连海事大学学报, 2001, 27(3): 18-21.  
[6] 陆志材. 船舶操纵[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 1998. 44-49.

## Assessment of anchoring safety based on the watching condition of anchor chain

LI Wei, YU Yang, LIU Xianpeng

(Navigation College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China)

**Abstract:** Considering the fact that an anchoring ship is very easy to drag its anchor under strong wind, an assessment method of anchoring safety based on the condition of anchor cable at hawse pipe is presented in order to prevent the vessel from dragging its anchor. The condition of anchor cable at hawse pipe means the angle that the chain stretch from the perpendicular, from which the forces acted by wind or wave or current can be calculated. Then the anchoring ship may be judged whether safe or not by comparing the anchoring force with that acted on the hull.

**Key words:** ship anchoring; stress on anchor chain; situation observing; assessment of safety

(上接第 51 页)

## Simulation research on tank washing

CHEN Liang, LIU Wei, WU Wanqing

(Marine Eng. College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China)

**Abstract:** The simulation and research work for the oil tanker washing process is described by implementing the theory of efflux. The method of finite cell, grid plot and energy conservaiton is adopted to formmlate the numerical models of the complicated tanker washing process as well. The final data was proceeded and the effacy of washsing can be judged from the certain graph which was drawn from the acceptable calculation results. The result of the simulation are constructive and helpful to guide practical tank washing operation and training.

**Key words:** tank washing; theory of efflux; simulation; finite cell method; grid plot

(上接第 54 页)

## Flooding of damaged hold and its affecting factors

XU Bangzhen, DU Jiali, TIAN Baijun

(Navigation College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China)

**Abstract:** Hold flooding could occur owing to ship's collision, grounding or striking. In order to assess its insubmersibility and judge its safety, calculating model of instant flooding velocity and total flooding quantity is constructed factors affecting flooding parameters and their regularity are analysed. Ship's flooding parameters under different damaged and loading conditions are calculated by program, which provide reliable basis for captain to make decision of rescue.

**Key words:** damaged hold; flooding parameters; damaged hold parameters; permeability; mathematical model