

40-44

起锚船, 稳定性

(5)

起锚船稳性初探

长江船舶设计院

李 焱

u6/4.248

内 容 提 要

鉴于目前规范中无起锚船稳性衡准可循,若按起重船的稳性衡准来要求起锚船的稳性,确有不妥之处。为此,笔者根据起锚船的作业特点,提出一种稳性校核方法。本文旨在抛砖引玉,欢迎同行指教。

一、前 言

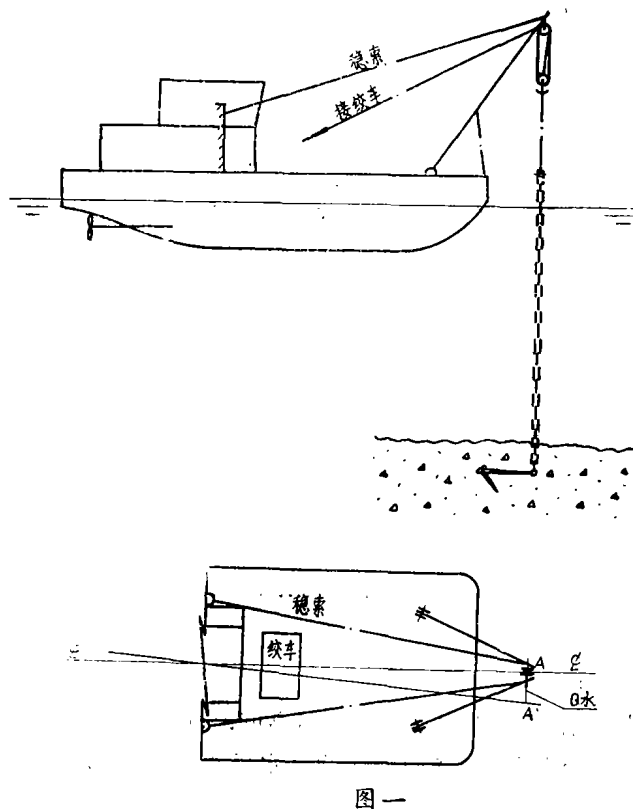
稳性是船舶的生命线,特别是工程船,由于其复杂、特殊的作业性质,稳性更是设计、检验部门关心的首要问题。以起锚船为例,以往的内河起锚船(艇)其吨位、功率及起锚能力均较小,首部吊锚杆(俗称鸡关头)较低,故起锚作业的稳性较易满足。随着围船、船队及各种工程船吨位的增大,对起锚船起锚能力的要求提高了。目前,长江上使用较多的大型起锚船,除少数为自航船外,多数为非自航船。它们的起锚能力(即破土拉力)多在40吨上下,首部纵向吊杆的受力点距水面10~15米不等,因破土拉力大、受力点高,故对船舶的稳性影响加大。上述起锚船的船宽较大(10米上下),多为驳船式船型,加上非自航船有定位锚(首尾共四只),故,起锚作业的稳性均有保证。即使按起重船的稳性衡准校核,稳性也是能满足的。但是,起锚船的作业特点毕竟不同于起重船,若按起重船稳性衡准来要求起锚船的稳性,确有不妥之处。因此,有必要对起锚船的作业特点进行分析,以建立起锚船的稳性衡准。

对于非自航起锚船,常分为下述二种作业方式:一种是与拖船绑在一起,靠拖船控制起锚方位;另一种是靠自身的定位锚控制作业方向。这二种作业方式稳性均较好,不属于本文论述的范围。本文仅对自身无定位锚的自航起锚船进行分析。

二、起锚船的作业特点及起锚拉力对船舶横稳性的影响

1、作业过程

作业前,调整压载,使船舶处于尾倾状态,并消除初始横倾角。用一段钢缆将被起锚的锚链与起锚吊钩连在一起,通过起锚绞车收紧钢缆使锚链受力,同时,开动主机,通过车、舵调整船的方位、控制因起锚受力时船的纵向移动,使船首正对起锚方向,如图一所示。为避免因起锚动作过猛而造成锚链拉断,起锚绞车均在低速档下工作,吊钩提升速度在0.5m/min左右。因此,整个起锚过程是很缓慢的。随着起锚拉力的不同,船舶的排水量及纵倾值发生着变化。一旦锚破土,起锚拉力即刻消失,破土的锚、锚链及部分残土就变为船舶的内力,成为一固定重量与船舶构成一体。在起吊过程中,因外界的影响,吊重会发生摆动,可见,



图一

由此可见，起锚船的起锚拉力和起重船的起吊重物对船舶横稳性的影响是有区别的。

三、起锚船稳性衡准

1、破土前：

考虑风压的联合作用，倾复力矩包括水平分力 $Q_{\text{水}}$ 产生的力矩 M_Q 和风压产生的力矩 M_f ，船舶的复原力矩为 M_R ，稳性衡准为：

$$K = \frac{M_Q}{M_Q + M_f} \geq 1 \quad \text{①}$$

$$\text{式中 } M_Q = \Delta h \sin \theta \quad \text{tf} \cdot \text{m} \quad \text{②}$$

Δ ——排水量，tf；

h ——经自由液面修正后的初稳性高度，m；

θ ——所核算装载情况下船舶的静倾角，度；

参照起重船，取 $\theta \leq 6^\circ$ 。

M_Q ——起锚拉力产生的倾复力矩，

$$M_Q = K Q l \quad \text{tf} \cdot \text{m} \quad \text{③}$$

K ——修正系数；

Q ——最大起锚拉力，tf；

破土后的状态与起重船是一样的。

因此，校核起锚船的稳性应从破土前和破土后两种截然不同的状态分别考虑。

2、产生横倾的原因及起锚拉力对横稳性的影响

在无初始横倾角，风平浪静的情况下，起锚拉力只影响船舶的排水量和纵倾值，而不影响船舶的横稳性，此时，起锚拉力的作用线在纵中剖面上，在作业过程中，若因阵风或过往船只的影响产生波浪时，船舶会产生横摇，此时，起锚拉力会偏离船舶纵剖面而对横稳性产生影响，即出现了附加的倾复力矩 M_Q ，如图二所示。因锚在破土前是不移动的，当船舶横倾时，起锚拉力 Q 是绕着 O 点旋转的，而船舶则是绕横稳心 M 旋转的，所以，起锚拉力的偏离角 γ 与船舶的横倾角 θ 是不同的。可以将起锚拉力 Q 分解为沿水平方向的分力 $Q_{\text{水}}$ 和沿纵中剖面垂直向下的分力 $Q_{\text{垂}}$ ，因 $Q_{\text{水}}$ 的方向与船首偏离原纵中剖面的方向相反，故 $Q_{\text{水}}$ 除对船舶产生倾复力矩外，还产生复原力。而 $Q_{\text{垂}}$ 只影响船舶的排水量和纵倾值，而不影响船舶的横稳性。

l ——力臂, m,

$$l = (H + a_{od} - d) \sin \gamma + (Z_m - a_{od}) \sin \theta,$$

H ——水深, m,

a_{od} ——水压中心距基线高, m,

a_o ——修正系数, 根据《内河钢质工程船建造规范》(1982) (以下简称《内工规》)

2.1.10确定, 即

$$a_o = 1.4 - 0.1 B_s / d$$

当 $B_s / d \leq 4$, 取 $a_o = 1$,

$B_s / d \geq 9$, 取 $a_o = 0.5$,

B_s ——所核算装载情况下船舶的最大水线宽度, m,

d ——所核算装载情况下船舶的型吃水, m,

M_r ——风压倾侧力矩, tf-m,

根据《内工规》2.1.7规定, 即

$$M_r = 0.0012 P A_r (Z_r - a_{od}) \quad \text{tf-m} \quad \text{④}$$

P ——单位计算风压, kgf/m²,

A_r ——所核算装载情况下船舶的受风面积, m²,

Z_r ——所核算装载情况下船舶受风面积的风压作用中心距基线的垂向高度, m,

Δ ——所核算装载情况下船舶的排水量, tf, 近似等于起锚前船舶的排水量 Δ 。加上最大锚拉力 Q , 即,

$$\Delta = \Delta_o + Q, \text{ tf},$$

将 M_o 代入①式

所以

$$\frac{\Delta h \sin \theta}{M_o + M_r} \geq 1$$

$$h \geq \frac{M_o + M_r}{\Delta \sin \theta}$$

因 $\theta \leq 6^\circ$, 角度较小, $\sin \theta = 0.0175 \theta$

$$\text{所以 } h \geq \frac{M_o + M_r}{0.0175 \Delta \theta} \quad \text{m} \quad \text{⑤}$$

即, 起锚时的稳性可定义为:

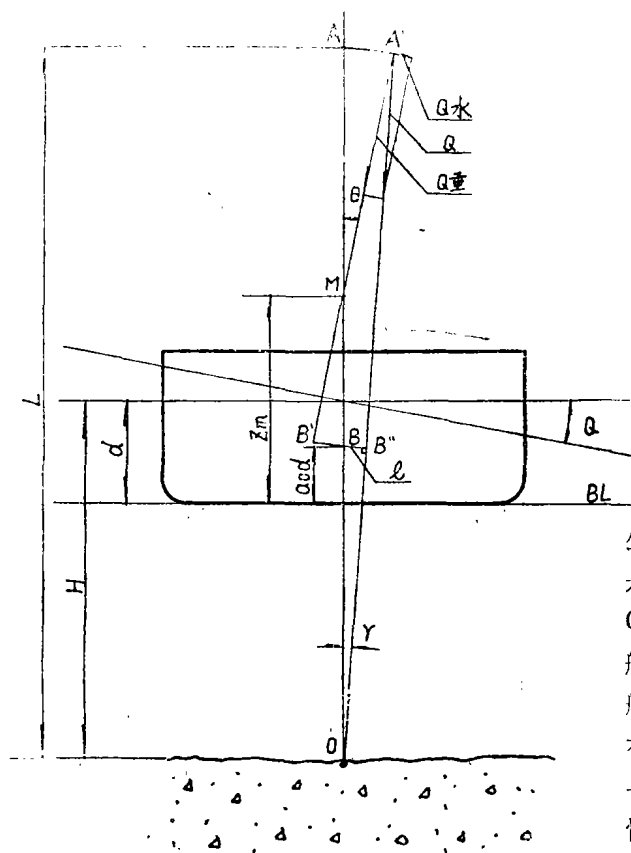
吊臂架固定在船长方向上的起锚船, 破土前其初稳性高度 h 应不小于按公式⑤计算所得之值。

2. 破土后,

如前所述, 其特性与起重船起吊重物是一样的, 故, 可按《内工规》2.1.20 (4) 第一个公式校核稳性。即, 初稳性高度 h 应不小于下式所得之值:

$$h \geq \frac{M_r}{0.0175 \Delta' \theta} \quad \text{m} \quad (M_b = 0) \quad \text{⑥}$$

式中: Δ' ——所核算装载情况下船舶的排水量, tf,



B、B'—水压中心 $l = B'B''$

图二

$$\Delta' = \Delta_0 + W$$

Δ_0 ——意义同前, tf;

W——吊重, tf;

W = 锚 + 部分锚链 + 残余泥土, tf;

θ ——极限静倾角, 度,

$$\theta \leq 6^\circ;$$

M_t ——风压倾侧力矩, tf-m,

按公只④计算。

3. 关于上述公式的说明

(1) 修正系数K:

如图二所示, 起锚拉力Q在水平方向产生分力 $Q_{水}$, 此力与船舶偏离纵中剖面的方向是相反的, 故, $Q_{水}$ 有使船首复原的作用。因 $Q_{水}$ 的作用点与水压中心及船舶的重心等沿船长方向不在同一位置上, 因此, $Q_{水}$ 尚会使船舶绕重心的水平转动, 这就使船舶实际受到的倾复力矩 M_0 下降, 故, 对 M_0 式应乘以一个小于1的修正系数K。因起锚过程是很缓慢的, 船舶的转动角速度不大, 参照《长江水系船舶稳性和载重线规范》(1985) 2.5.6式对拖船急牵状态的要求 $M_T = 0.64T_b$

($Z_t - a_{od}$) 及《内工规》2.1.12式船舶横移倾侧力矩 $M_h = \frac{1}{2} P_h (Z_h - \frac{1}{2} d)$, 可以取 $K = 0.5$ 。

(2) 初稳性高度;

a. 破土前:

因起锚拉力Q是作为外力考虑的, 故Q不影响船舶自身的重心高度 Z_g , 在计算初稳性高度h时, 应按计入Q后的排水量 Δ ($\Delta = \Delta_0 + Q$) 所对应的横稳心高度 Z_m 减去 Z_g 而得, 即,

$$h = Z_m - Z_g, \text{ m};$$

Z_m ——排水量 Δ 下的横稳性高度, m;

Z_g ——起锚前排水量为 Δ_0 的重心高度, m;

b. 破土后:

被吊重物W与船舶构成一体, 成为内力, 故应计入其重心对船舶的影响。由于吊重W相当于悬挂物, 故重心应算在吊杆受力点处。这与《内工规》2.1.20规定的“……吊钩负荷重心处于起吊最大高度。”是不同的, 规范对吊重重心取值的定义有欠妥之处。

(3) 水深H:

从图二可以看出, 当船舶倾斜相同的角度时, 随着水深H的增大, 起锚倾复力臂l也相应增大。故水深H的取值, 应根据船舶的作业区、最大作业水深确定。

4. 将 $K = 0.5$ 代入③式,

$$M_Q = KQl$$

$$= \frac{1}{2}Q [(H + a_{od} - d) \sin\gamma + (Z_m - a_{od}) \sin\theta]$$

$$\text{而 } \sin\gamma = \frac{(L - H - Z_m + d) \sin\theta}{L}$$

$$\text{所以 } M_Q = \frac{1}{2}Q \left[(H + a_{od} - d) \frac{L - H - Z_m + d}{L} + Z_m - a_{od} \right] \sin\theta$$

四、结 论

1. 起锚船是有其特殊性的工程船, 起锚作业的稳性应分别按破土前和破土后两种不同的状态校核。

(1) 破土前: 起锚拉力为外力, 在船舶横摇过程中产生横向倾复力矩, 同时产生使船首复原的水平拉力;

(2) 破土后: 被吊重物成为船舶内力, 在起升过程中出现摆动时, 使船舶初稳性降低。

2. 作业区域的水深 H 也影响船舶起锚时的稳性, 随着水深 H 的增大, 起锚拉力产生的倾复力矩也增大。因此, 对水深 H 应充分重视, 对稳性不太富裕的起锚船, 要限制作业区。

3. 初始横倾角也是起锚拉力产生倾复力矩的原因之一, 从作业安全角度考虑, 消除初始横倾角对提高作业稳性是有利的。

本文承蒙任万通高级工程师的指点, 在此表示衷心感谢!