

# 船舶下沉量分析与计算

高利军 杨兴忠

(天津海事局 天津 300211)

**摘要:** 为防止船舶搁浅,需要掌握船舶下沉量的有关理论。文章对涉及船舶下沉量的有关现象、理论和计算方法,进行了阐述。

**关键词:** 船舶下沉量 浅水理论 预测 吃水差变化 计算

## 1 船舶下沉量现象

当船舶推开水向前运动时,被推开的水体部分沿着舷侧流动,部分沿着船底流淌,由于水的流动引起船体下水压力下降,导致船舶垂直下沉,这就是所谓的船舶下沉现象。类如散货船等方型系数大于 0.7 以上的船舶可能出现首倾,所以船体肥大的船舶在出海时,应保持一定的尾倾以减抵船舶下沉的影响。在狭窄水道和水域宽度受到限制时,船舶会产生较大的下沉。所以在富裕水深较小时,船长应掌握船舶下沉的理论知识。

1.1 在狭窄水道和在浅水域时,船舶高速行驶,会引起船舶下沉量增大。船舶下沉量与船舶对水的速度平方成正比。为了避免搁浅,可以通过降低船舶对水的速度来减少船舶下沉。

当水深受限制时,船舶下沉量可以通过附贴的

图表查得或通过计算求得。标准型散货船保持平吃水时,水深等于吃水加上 10% 吃水,速度设计为 10kn。在正常操纵下,船舶产生的下沉量会比较小。如:

船型	首尾线间长	吃水	水深	下沉量(尾部)	下沉量(首)
船体较肥的船	183	10.2	11.2	0.8m	1.1m

所以,当船舶通过一个水道或其他受限制的水域时,发生船舶触底的原因,就是船长没有考虑船舶下沉量对船舶的影响,而仅仅考虑船底与海底之间的距离。因此,每当船舶进入狭窄水域或受限制航道之前,船长应获取船舶下沉量的预知值,做到心中有数。

## 1.2 船舶下沉与船舶吃水差

为了避免任何错误的理念,特指出船舶下沉量并不是船舶在静水时吃水差,也不是船舶在航时的吃水差,船舶下沉是受水深、水域宽度、船舶速度、船舶方型系数和船首产生兴波的影响。船舶在浅水中与在深水中运动有很大区别,当船舶进入浅水中时,船首兴波明显加大,阻力也明显加大,船舶操纵会变

收稿日期:2009-06-06

作者简介:高利军(1979-),男,河北省赤城人,工程师,港口国检查官,A类审核员,主要从事港口国检查监督工作。

(一般拖轮绑靠在驳船的尾部)。该编队的特点是编队方便、系结牢固。拖轮拖带作业如图 5 所示,分析如下:

1) 在起步阶段,两螺旋桨正舵进车向前,拖轮进车产生的推力 T 使船队前进,同时推力 T 也会对两船的公共重心 G 产生力矩,使船队向右偏转,所以离泊时扬头要充分,过弯、靠泊时船位要挂高。

2) 由上述 1) 分析可知,拖轮在拖带航行中如两螺旋桨正舵进车向前将使船队向右偏转,此时外侧车可带横车产生船尾向右的力矩予以纠偏,并要根据转向需要改变舵的方向。

3) 停车时由于水阻力的影响,会出现船队向左

侧偏转的现象,所以在停车时要先将右侧车回横车,推力指向左侧,外侧车正舵适当进车以抑制偏转。

4) 靠离泊时横移的原理和单船一样,但要注意的是拖带作业受风流的影响比较明显,整个船队若要平行横移的话,车速和舵角的调整要求比较大。另外,船队惯性较大要注意提前控制。

## 5 结束语

正确认识 Z 型拖轮的横移功能,掌握应用中的操纵要领,充分发挥该型拖轮的横移优势,能够安全优质高效地完成生产任务。Z 型拖轮的特殊构造造就了其特殊的操纵性能,只有通过不断摸索、不断总结,才能充分发挥该型拖轮的优越性。

得困难,同时,船体震动也开始增大。

1.3 当水域深度与船舶吃水的比值接近1时,船舶就有可能搁浅

在地形比较复杂的水域,除非提前采取预防措施,如减低船舶速度等,否则,船体较肥的船舶和高速船会产生1-2m的下沉量。

一般来说,船舶产生较大下沉量易于导致船舶破损,从而使船舶修理、租金和清污等费用增大,甚至有可能缩短船舶服务年限,更为严重的是导致人命灭失。因此,船长应在船舶即将进入受限制水域前提前预知船舶下沉量,做到防患于未然。

1.4 预测船舶下沉量的简化方法:

- 1) 下沉量 =  $V^2/100$  . V 为船舶速度;
- 2) 下沉量 = 10% 的吃水;
- 3) 每 5kn 速度船舶下沉 1ft.

### 2 浅水理论

船舶静水中平均吃水与水深的关系被认定为受限制水域参数,如果水深与吃水的比率 < 2 时,船体下的富裕水深会出现量的变化,船舶会产生下沉现象;如果水深与吃水的比率接近 1 时,浅水效应会发生很大影响,船舶即将搁浅。

船舶在受限制水域航行时,船体在垂直方向上力失去平衡,需要增加船舶浮力来进行补偿,因而船舶会出现以船中为中心的半个船长范围内受力不均匀,加之水的滞粘性的影响,船舶会因船型的不同产生首倾或尾倾。所以,船舶下沉量与受限制水域宽度、船舶对水速度、船体形状、船与岸边的距离、水深等因素有着紧密的关系。

在技术理论方面,预测船舶下沉量与实际下沉量有一定差别,为了使预测量更接近实际,预测时应结合实验方法,即:实验方法通常基于船模实验和/或各种尺寸的船舶及船体参数、船舶速度等数据,通过理论上下沉量与实验所得结果进行比较,剔除不合理因素,预测较为接近的下沉量。

下沉量估算方法:

条件:水深与吃水的比值在 1.1—1.4 之间,船舶方型系数在 0.5 - 0.9 范围内。

通过实验方法得出船舶下沉量 =  $C_b/30 \times V^n \times \{BT/HW - BT\}^{(2/3)}$

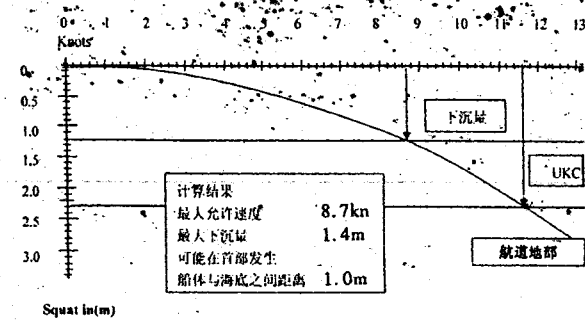
开敞水域船舶下沉量 =  $C_b/30 \times V^n \times \{BT/HW \times (7.7 + 20(1 - C_b^2)) - BT\}^{(2/3)}$

n = 2.08, 船体为矩形,  $C_b$  - 船舶方型系数, B - 船宽, T - 静水吃水, H - 水深, W - 水域宽度, V - 船舶速度

### 3 船舶下沉导致船舶吃水差的变化

船舶在静水中保持平均吃水,如果  $C_b > 0.7$ , 船舶会出现首倾;如果  $C_b < 0.7$ , 船舶会出现尾倾;  $C_b = 0.7$ , 船舶吃水差 = 0。如果船舶在静水中产生首倾,船舶进入受限制水域后船舶首倾会加大;如果船舶在静水中产生尾倾,船舶进入受限制水域后尾倾会变小。船体较肥的船舶航行在受限制水域时,若吃水差 < 1m 时,船舶会向前倾斜。船舶吃水差与船长相比较小,且船舶在静水中的吃水差 > 1m 时,在船舶下沉量中,吃水差计算可以不考虑船舶方型系数的影响。

举例:尾部下沉量 = 10.02m, 首部下沉量 = 10.02m, 船宽 = 25m, 船舶方型系数 = 0.85, 船舶速度 = 13kn, 水域宽度 = 200m, 水深 = 12.4m, 富裕水深 = 2.4m, 最小富裕水域 = 1.0m, 求最大允许速度? 搁浅速度?



### 4 船舶下沉量计算

#### 4.1 开敞水域

方法一:最大下沉量 =  $C_b/30 \times S_2^{2/3} \times V_k^2/8$

方法二:最大下沉量 =  $C_b \times V_k^2/100 m$

$C_b$ —船舶方型系数;

$V_k$ —船舶速度;

$S_2 = A_s/A_c$ ;

$A_s$ —水线下船中横剖面积;

$A_c = h \times w$ , h—水深, w—航道宽度 =  $B(7.7 + 45(1 - C_w)^2)$ ,  $C_w$ —满载水线面面积系数。

注:方法一仅适用于吃水受限制水域。

#### 4.2 受限制水域

方法一:最大下沉量 =  $K \times C_b \times V_k^2/100 m$

$K = (6 \times S) + 0.4$ ,  $S = A_s/A_c$ ,  $A_s = B \times T$ ,

$A_c = h \times w$

方法二:最大下沉量 =  $2 \times C_b \times V_k^2/100 m$

此种方法仅使用于阻尼系数在 0.1 - 0.265 范围内。

#### 4.3 引航区域:

当  $C_b < 0.7$  时 最大下沉量 =  $V_k^2/100$ .

当  $C_b \geq 0.7$  时,最大下沉量 =  $Vk^2/65$

如何决定是开敞水域还是受限制水域:

$F_b = W/B$   $W$  - 航道宽度,  $B$  - 船宽

1)  $F_b = W/B = 7.7 + 45(1 - C_w)^2$ ,  $h/T = 1.1 \sim 1.4$

2)  $F_b = W/B = 7.7 + 45(1 - C_w)^2$ ,  $h/T = 1 \sim 1.4$

如果  $F_b \times B <$  河道宽度,水域为开敞水域;

如果  $F_b \times B >$  河道宽度,水域为受限制水域。

方型系数与船舶速度对应表

方型系数	0.7			0.82			0.85		
	受限水域	开敞水域	引航水域	受限水域	开敞水域	引航水域	受限水域	开敞水域	引航水域
2.0	0.056	0.028	0.062	0.066	0.033	0.073	0.068	0.034	0.080
2.5	0.088	0.044	0.096	0.103	0.051	0.114	0.106	0.053	0.125
3.0	0.126	0.063	0.138	0.148	0.074	0.164	0.153	0.077	0.180
3.5	0.172	0.086	0.188	0.201	0.100	0.223	0.208	0.104	0.245
4.0	0.224	0.112	0.246	0.262	0.131	0.291	0.272	0.136	0.320
4.5	0.284	0.142	0.312	0.332	0.166	0.368	0.344	0.172	0.405
5.0	0.350	0.175	0.385	0.410	0.205	0.455	0.425	0.213	0.500
5.5	0.424	0.212	0.465	0.496	0.248	0.550	0.514	0.257	0.605
6.0	0.504	0.252	0.554	0.590	0.295	0.655	0.612	0.306	0.720
6.5	0.592	0.296	0.650	0.693	0.346	0.768	0.718	0.359	0.845
7.0	0.686	0.343	0.754	0.804	0.402	0.891	0.833	0.417	0.980
7.5	0.788	0.394	0.865	0.923	0.461	1.023	0.956	0.478	1.125
8.0	0.895	0.448	0.985	1.050	0.525	1.164	1.088	0.544	1.280
8.5	1.012	0.506	1.112	1.185	0.592	1.314	1.228	0.614	1.445
9.0	1.134	0.567	1.246	1.328	0.664	1.473	1.377	0.689	1.620
9.5	1.264	0.632	1.388	1.480	0.740	1.641	1.534	0.767	1.805
10.0	1.400	0.700	1.538	1.640	0.820	1.818	1.700	0.850	2.000
10.5	1.544	0.772	1.696	1.808	0.904	2.005	1.874	0.937	2.205
11.0	1.694	0.847	1.862	1.984	0.992	2.200	2.057	1.029	2.420
11.5	1.852	0.926	2.035	2.169	1.084	2.405	2.248	1.124	2.645
12.0	2.016	1.008	2.215	2.362	1.181	2.618	2.448	1.224	2.880
12.5	2.188	1.094	2.404	2.563	1.281	2.841	2.656	1.328	3.125
13.0	2.366	1.183	2.600	2.772	1.386	3.073	2.873	1.437	3.380
13.5	2.552	1.276	2.804	2.989	1.494	3.314	3.098	1.549	3.645
14.0	2.744	1.372	3.015	3.214	1.607	3.564	3.332	1.666	3.920

船速(节)

说明:

1. 选择船速(点 A)。
  2. 直线 AB 与适当的水深曲线交于 B 点。
  3. 画直线 BC 垂直于直线 AB, 与适当的纵倾曲线(船倾或舰倾)交于点 C。
  4. 由 C 点画垂直线 CD, 与适当的船长曲线交于点 D。
  5. 画直线 DE 垂直于直线 CD, 在点 E 处。
  6. 读取船/舰下沉量(米)。
- 注: 也可以求利用相反过程, 求取上述 1、2、3、4 中的任何未知量。

