

# 船舶横倾状态矩形截面燃油舱准确测定存油的方法

中远航运股份有限公司 赵国典

**内容提要:** 鉴于船舶测量计算燃油舱内存油不重视横倾状态因而不够准确, 提出按横倾角或船舳两舷侧吃水差修正, 通过理论计算和实际校验, 证实其测定值符合实际值。

**关键词:** 船舶 横倾状态 燃油体积 测量方法

## 0 前言

燃油费用是海运成本的重要部分。船舶补加燃油时, 供油方与受油方常因供油数量差异导致争议甚至诉讼, 而传统的计算方法又不够准确, 常导致不愉快和经济损失, 亟需探索科学的计算油舱内燃油量的方法, 减少双方争议和经济损失。

计算船舶燃油舱柜燃油数量, 按理, 应考虑温度船舶吃水差(前后)、船舶横倾(左右)等三方面修正, 但传统计算方法一般只考虑温度修正和船舶吃水差(前后)修正, 而忽略船舶横倾修正。船舶燃油舱容表也只有船舶吃水差(前后)修正, 没有横倾修正。

例如某轮 No.3.F.O.T.(c), 测量孔在油舱右边(见图 1), 船舶横倾时燃油测量计算, 不得不对比不同时间和地点实际测量计算估算出船舶横倾修正值, 可见

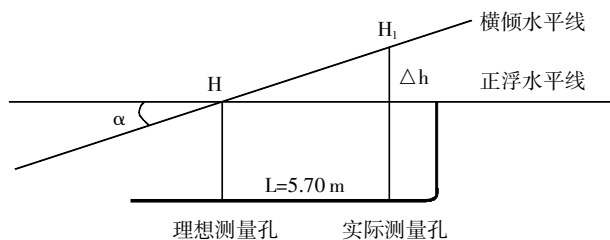


图 1 燃油舱测量孔位置和相对倾斜示意图

取 0.2; 轴系传输效率  $\eta_s$  取 0.97。

⑤ 比较  $P_{s0}$  与  $P_{max}$ :

a) 若  $P_{s0} \geq P_{max}$ , 主机可能超负荷, 需另设定航速并计算;

b) 若  $P_{s0} < P_{max}$ , 则

可继续下列步骤:

- 在已知的船舶主机外特性曲线(例如图 7)上, 按  $P_{s0}$  查得此次浅水航行不超负荷的螺旋桨转速  $n_0'$ 。

- 按下式可计算此次浅水航行最大允许阻力值  $R_0'$ 。

$$P_{s0} \cdot \eta_0' = \frac{R_0'}{(1-t)} \cdot v_0' \cdot (1-\omega)$$

- 根据  $R_0'$ , 再查  $R-v$  曲线, 可得修正的此次浅水航行主机不超负荷的最大允许航速  $v_0'$ 。

## 5 结束语

横倾对燃油存量计算影响甚大:

- 横倾 1° 时, 实际值比测量计算值少 30 吨;
- 横倾 0.5° 时, 实际值比测量计算值少 15 吨。

当然, 这样的横倾修正只能作为本船测量计算油舱燃油数量时参考, 不可能得到供油方认同, 仍难避免供油方与受油方因供油数量差异导致的争议。

近年来, 燃油补给监控系统的研制取得了一些进展<sup>[1]</sup>, 但对于常见的测量孔位置距油舱(左右)中心点位置较远的油舱, 依然不能准确地测量和计算燃油数量, 尚未广泛应用。鉴于此, 本文提出, 对于横截面(船舳艮向, 下同)基本为矩形的油舱, 船舶横倾状态下测定舱内燃油体积的方法, 准确且方便, 供参考。请注意, 本方法不适用于横截面不是矩形的油舱。

## 1 基本原理——按船舶横倾角计算

横截面为矩形的油舱, 若测量孔在油舱的(左右)中心线上, 横倾状态与舱内燃油深度无关; 若测量孔位置偏离油舱(左右)中心线, 只要知道偏离距离和船舶横倾角, 再将横倾状态下的实际油深测量值换算成无横倾时的数值, 就可大幅提高计算的准确性, 且很方便。假设:

- 船舶横倾角(即油舱横倾角)为  $\alpha$ ;
- 理想的油舱测量孔位于油舱的(左右)中心, 测

本文计算浅水航行阻力的方法和浅水航行时主机的功率安全性判定, 为紧急情况下计算瘦型船舶浅水航行时间, 提供了既有一定精度又简单易行的方法。文中没有包括肥大型船浅水阻力的计算, 也没有涉及船舶浅水航行的另一重要问题——下沉量的计算, 有待完善。

\* 作者: 刘 炜, 海军大连舰艇学院 硕士研究生 从事船舶操纵性方向研究。地址: 海军大连舰艇学院研究生二队 (116018)。E-mail: ly55553@126.com

## 参考文献

- 1 盛振邦, 刘应中. 船舶原理[M]. 上海交通大学出版社, 2003. 9:301-304.
- 2 古文贤. 船舶操纵[M]. 大连: 大连海运学院出版社, 2003. 7:129.
- 3 宋永军. 浅窄航道船舶兴波阻力数值计算[J]. 武汉理工大学, 2005. 4.
- 4 吴秀恒, 刘祖源, 施生达, 冯学知. 船舶操纵性[M]. 国防工业出版社, 2005.9.
- 5 Sv.AA. 哈瓦尔特(丹麦)著, 黄鼎良等译. 船舶阻力与推进[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2003.

得舱内燃油深度为  $H$ ;

• 实际的油舱测量孔, 位于理想的油舱测量孔右侧, 距离  $L$ , 测得舱内燃油深度  $H_1$ , 则实测燃油深度与理想的舱内燃油深度的差值  $\Delta h = H_1 - H$ , 则:

无横倾时等体积燃油深度  $H = H_1 - \Delta h$ 。

参照图 1 不难看出,  $\Delta h = L \times \sin\alpha$  (1)

欲求  $\Delta h$ , 只需知道  $L$  和  $\sin\alpha$ , 而:

• 横倾角  $\alpha$ , 一般可以从船舶倾斜仪上直接读出;

•  $L$ , 可从船舶配备的油舱/水舱布置图上查到, 或者从油舱/水舱布置图或船舶总布置图上测量得到。

例如前述某轮的 No.3.F.O.T (c) 燃油舱, 船舶总布置图显示该舱几何中心线与船舶几何中心线重合; 燃油舱测量孔位置抄录如表 1, 其中“右侧”栏所示“5.700”, 指实际测量孔在船舶纵向几何中心线右侧距离 5.700 m 处, 即距假定的理想测量孔位置的距离  $L$  为 5.700 m; 又已知横倾角  $\alpha$  (例如  $1^\circ$ ), 则:

① 利用电脑 excel 中的“= sin(radians(1))”三角函数公式, 计算得出  $\sin 1^\circ = 0.017452$ ;

② 按公式  $\Delta h = L \times \sin\alpha$ , 求得

$$\Delta h = 5.700 \text{ m} \times 0.017452 = 0.0994764 \text{ m} \approx 0.10 \text{ m}$$

③ 按公式  $H = H_1 - \Delta h$ , 求得  $H$ 。

查舱容表, 舱内燃油深度相差 0.10 m 时体积竟然相差  $30 \text{ m}^3$ , 可见船舶横倾对舱内燃油体积影响很大。

表 1 燃油舱测量孔位置

序号	油舱名称	测量孔位置					
		所在处所	肋骨号	与相关肋骨距离(m)		与船舶纵向中心线距离(m)	
				前方	后方	左侧	右侧
1	No.2.F.O.T.(C)	上甲板	No.111	0.090		1.190	
2	No.3.F.O.T.(C)	上甲板	No.75		0.130		5.700

## 2 利用两舷侧吃水差而不用横倾角的计算方法

船舶倾斜仪的读数精度一般为  $0.5^\circ$ 。当实际横倾小于为  $0.5^\circ$  (例如  $0.2^\circ$ ) 时, 很难得到准确的横倾角, 势必影响舱内燃油测量计算准确度。

那么, 可否不用横倾角  $\alpha$  求  $\Delta h$  值呢?

笔者认为, 可以用船舳两舷吃水代替横倾角  $\alpha$ 。

如图 2, 设船舶右舷  $B_1$  处吃水  $b_1$ , 船舳左舷  $B_2$  处吃水  $b_2$ , 则:

船舳两舷吃水差  $\Delta b = b_1 - b_2$ ;

$B_1$  与  $B_2$  两点间距离等于船宽  $D$ , 即  $B_1B_2 = D$ ;

$$\Delta b / B_1B_2 = \Delta b / D = \sin\alpha. \quad (2)$$

比较式(1)和式(2)可知,  $\sin\alpha = \Delta h / L = \Delta b / D$ ;

比较图 1 和图 2, 锐角同为  $\alpha$  的两个直角三角形是相似直角三角形。根据相似三角形的特点, 它们相应边的比值相同, 也有  $\Delta h / L = \Delta b / D$ 。

由此可以得出,  $\Delta h = (L/D) \cdot \Delta b$ 。其中:

(1)  $L/D$ , 对于既定船舶的既定油舱, 是一个不变的常数, 因为:

• 对于既定船舶, 船宽  $D$  是一个定值, 很容易从船舶技术资料查得;

• 对于既定油舱, 实际测量孔与油舱(左右)中心线的距离  $L$  也是定值, 可从船舶配备的油舱/水舱布置图查到或船舶总布置图上测量得到。

这样, 实测燃油深度与理想燃油深度差值  $\Delta h$  只随横倾角亦即两舷吃水差  $\Delta b$  变化。

(2)  $\Delta b = b_1 - b_2$ ,  $b_1$  和  $b_2$  很容易船舳两舷吃水标示线读出。

(3)  $\Delta h$  取正值还是负值, 根据船舶左横倾还是右横倾, 以及船舶油舱测量孔实际位置在燃油舱纵向中心线的左侧或右侧而定。

以前述某轮为例, 由船舶技术资料查得船宽  $D$  值 22.70 m, No.3.F.O.T.(c) 舱  $L$  值 5.700 m, 则:

$$\Delta h = (L/D) \cdot \Delta b = (5.70/22.70) \cdot \Delta b = 0.2511 \cdot \Delta b$$

$$\text{即 } \Delta h \approx (1/4) \cdot \Delta b.$$

当船舶横倾角  $\alpha$  为  $1^\circ$  时,

$$\Delta b = 22.7 \cdot \sin 1^\circ = 22.7 \cdot 0.01745 = 0.396 \approx 0.40 \text{ (m)}.$$

实地勘察船舳两舷水尺, 船舶横倾角  $1^\circ$  时, 确实相差 0.40 m, 与上列计算  $\Delta b$  数值完全吻合, 证实此计算方法正确。

## 3 结论

准确测量计算油舱内燃油数量, 避免供油方与受油方关于舱内燃油数量的争议, 根本方法是在船舶燃油舱容表包括横倾修正。然而这在短期(例如几年)内是不可能完成的, 因为:

• 需要修改船舶燃油舱容表的编制方法, 涉及航运和供油行业, 协调难度大; 需国家的计量主管机关认可, 涉及很多国家, 耗时长。

• 需要在船舶燃油舱容表中增加横倾状态修正的有关数据, 涉及截面的各种几何形状的油舱, 技术难度大。

而本文的测量计算方法, 在船舶燃油舱容表不包括横倾修正的情况下, 能够为横截面基本为矩形的油舱, 方便地提供比传统方法准确得多的测量计算结果, 虽不具有法律效力, 但方法科学易被供油方认可, 但不适用于横截面不是矩形的油舱。

\* 作者: 赵国典. 中远航运股份有限公司 船员二部. E-mail: ivyscience@sina.com

## 参考文献

1 蔡德清, 张燃, 郑士君, 黄爱平. 中远集运船舶燃油监控系统. 航海技术[J], 2008(5): 57-59.