

# Study on the Draft Survey and Error Correction Based on 2008 IS Rules

Yuchuang Wang<sup>1</sup>, Guoyou Shi<sup>1</sup>, Xiaotong Sun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Navigation College, Dalian Maritime University, Dalian Liaoning

<sup>2</sup>School of Maritime Economics and Management, Dalian Maritime University, Dalian Liaoning

Email: dlmuwyc@163.com

Received: May 4<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 18<sup>th</sup>, 2018; published: May 25<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

The mean draft which is equal to the equivalent draft of the ship with trimming is not in the middle ship, so a trim correction should be made. According to the "2008 IS Rules", the effect of the ship trim should be taken into consideration when checking the ship stability that the hydrostatic value of the ship in different trim of draft should be included in the hydrostatic data of the ship. This change can be applied to the trim correction of the draft survey to simplify the trim correction and reduce the error of the draft survey due to the ship trim. This article analyzed the error of draft survey caused by ship trim from the perspective of ship statics, and presented a new method for calculating the draft survey based on the "2008 IS Rules". The method has the advantages of simple computation, easy implementation and effectively reducing the draft survey error.

## Keywords

Draft Survey, Trim Correction, Stability Regulations

---

# 基于2008年完整稳性规则的水尺计重及其误差研究

王玉闯<sup>1</sup>, 史国友<sup>1</sup>, 孙晓彤<sup>2</sup>

<sup>1</sup>大连海事大学航海学院, 辽宁 大连

<sup>2</sup>大连海事大学航运经济与管理学院, 辽宁 大连

Email: dlmuwyc@163.com

收稿日期: 2018年5月4日; 录用日期: 2018年5月18日; 发布日期: 2018年5月25日

## 摘要

当船舶存在纵倾时,其平均吃水即等容吃水不在船中,应对此予以纵倾修正。《2008年IS规则》提出在校核船舶稳性时需考虑船舶纵倾的影响,即船舶静水力资料里应包括在不同吃水差下的静水力数值。此项改变可以应用于水尺计重的纵倾修正环节,来简化纵倾修正,降低因船舶纵倾导致的水尺计重误差。本文从船舶静力学角度分析了因船舶纵倾而导致的水尺计重误差,提出了一种基于《2008年IS规则》的水尺计重计算方法,该方法计算简单,操作方便,有效降低了水尺计重的误差。

## 关键词

水尺计重,纵倾修正,稳性规则

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

水尺计重就是利用船舶吃水与排水量的一一对应关系,通过测量船舶装卸货前后的吃水求得船舶装卸货前后的排水量,这两者之差,再扣除两次测量吃水期间船上物料、燃油、淡水等非货物重量的变化,就可以得到计量货物的重量,船方据以确定航次货物交接的数量。由于客观环境、现有科技水平、测算方法等的限制导致水尺计重结果势必产生误差,对于怎么避免误差的产生以及怎样对已产生的误差进行修正,学者们作了不少的研究。

沈益骏将雷达液位测距技术应用于船舶水尺计重中,虽然计算精度符合船舶吃水检视的要求,但该方法对设备的依赖性较强,不具有普遍推广意义[1]。章文俊运用逻辑树法分析水尺计重,主要解决了由于船体下沉而导致的水尺计重误差,并针对性提出修正平均吃水的方法来修正由于船体下沉导致的水尺计重误差[2],但由于船体下沉量无法准确测得,该方法在工作实际中很难准确实施。刘春雷提出一种不依赖于船舶装载手册的改进水尺计重方法,通过对加密型值表坐标值建立船舶中垂(拱)状态下的数据库,从而达到对水尺计重误差修正的目的[3],加密型值表目前还不是IMO推荐使用的船舶装载手册资料。

王淑敏通过分析水尺计重实施过程中所涉及到的因素,给出了几个较为可行的方法[4],但也只是讨论了正浮状态下的船舶水尺计重,而在工作实际中船舶经常是自由浮态。张贵红通过提高对船舶常数的精确计算来提高水尺计重精度,具有一定的参考价值,但是未从根本上解决水尺计重误差修正问题[5]。Ran等运用计算机图像处理技术来测定六面吃水数据,从而减小水尺计重测量误差,本质上只是减少了认为误差中的读数误差[6];Gu等通过对摄像机拍摄的照片进行图像处理来减少人为观察误差,该系统是基于数字测量系统的二次开发与应用[7],其本质也是减少读数误差;Ziha提出一种船舶外壳变形时的排水量计算方法[8],相比传统加权平均法提高了计算精度;Ivce等分析了水尺计重过程中误差产生的原因,提出用光纤技术来代替人工读数以达到减少误差的目的[9],其本质上也仅仅减少了读数误差。

本文创新性地提出基于2008IS规则的水尺计重计算原理与修正方法,给出了计算模型,并通过实例验证了新方法的可行性,为水尺计重的理论计算提供新思路。

## 2. 水尺计重方法和步骤

### 2.1. 测定原始数据

原始数据的测量精度对于计重结果起着决定性作用，因此，船方及鉴定人员务必谨慎仔细，科学严谨。主要包括：观测船舶六面吃水；测定港水密度；测定压载水量和淡水量；计算燃油存量。

### 2.2. 平均吃水

计算左右舷平均吃水：

$$\begin{cases} d_F = (d_{FP} + d_{FS})/2 \\ d_{\square M} = (d_{\square P} + d_{\square S})/2 \\ d_A = (d_{AP} + d_{AS})/2 \\ t = d_F - d_A \end{cases} \quad (1)$$

首尾垂线修正：

由于船舶的首尾吃水应以水线与首尾垂线交点处的读数为准，当船舶有吃水差时，船舶的实际水尺标志不在首尾垂线上，此时就需要对首尾吃水进行首尾垂线的修正。

另外，由于中吃水标志可能不在船中，当船舶存在纵倾时，也需要将标志吃水修正到  $L_{bp}/2$  处。首、中、尾吃水标志修正量应按下式计算。

$$\begin{cases} C_F = \frac{t \cdot l_F}{L_{bp} - l_F - l_A} \\ C_M = \frac{t \cdot l_M}{L_{bp} - l_F - l_A} \\ C_A = \frac{\mp t \cdot l_A}{L_{bp} - l_F - l_A} \end{cases} \quad (2)$$

$l_F, l_M, l_A$ ——水尺位置至首垂线、舢横剖面线和尾垂线距离，在首垂线、中横剖面线和尾垂线前为正，反之为负。

经  $C_F, C_M, C_A$  修正后的首、中、尾吃水  $d_{F1}, d_{\square M1}, d_{A1}$  为

$$\begin{cases} d_{F1} = d_F + C_F \\ d_{\square M1} = d_{\square M} + C_M \\ d_{A1} = d_A + C_A \end{cases} \quad (3)$$

计算首尾平均吃水  $d_{M1}$ ：

$$d_{M1} = \frac{d_{F1} + d_{A1}}{2} \quad (4)$$

计算六面平均吃水  $d_{M2}$ ：

$$d_{M2} = \frac{d_{M1} + d_{\square M1}}{2} \quad (5)$$

计算最终平均吃水  $d_{M3}$ ：

即对上式求得的  $d_{M2}$  进行拱垂修正，现有两种方法。

方法一：

$$d_{M3} = \frac{d_{M2} + d_{\square M1}}{2} \quad (6)$$

合并公式(4)、(5)、(6)直接得到

$$d_{M3} = \frac{d_{F1} + 6d_{\square M1} + d_{A1}}{8} \quad (7)$$

方法二:

$$d_{M3} = d_{M1} + C \quad (8)$$

式中  $C$ —平均吃水的拱垂变形修正值, 其值由以下公式确定:

$$\begin{cases} C = \frac{3}{4}(d_{\square M} - d_{M2}) \\ C = \frac{2}{3}(1 + C_w - C_w^2) \times (d_{\square M} - d_{M2}) \end{cases} \quad (9)$$

式中  $C_w$ —平均吃水为  $d_{M2}$  时的水线面面积系数。

### 2.3. 排水量

按照国际惯例, 船舶排水量的求取已形成了一整套成熟的作业流程:

由最终平均吃水  $d_{M3}$  查取排水量  $\Delta_0$ : 以  $d_{M3}$  为索引可从载重表或者静水力数值表中得到排水量。

由以上求得的  $d_{M3}$  是船中出的吃水, 船舶存在纵倾时的实际平均吃水即等容吃水因纵倾轴不在船中, 两者往往不一致, 应对此予以纵倾修正。因而, 按照  $d_{M3}$  查取的排水量并不是船舶实际排水量。排水量的纵倾修正量  $\delta\Delta$  通常按照根本氏法确定。

于是修正后的排水量  $\Delta_1$

$$\Delta_1 = \Delta_0 + \delta\Delta \quad (10)$$

由于实测港水密度与船舶资料中所标注的标准水密度不一致, 应对排水量进行港水密度修正。

$$\Delta_2 = \rho\Delta_1 / 1.025 \quad (11)$$

计算货物装卸量:

设装货前或卸货后的排水量为  $A(t)$ , 装货后或卸货前的排水量为  $B(t)$ , 装货前或卸货后的燃油、淡水、压载水的总存有量为  $a(t)$ , 装货后或卸货前的燃油、淡水、压载水的总存有量为  $b(t)$ 。则船舶装货量卸货量  $Q(t)$  计算公式为:

$$\begin{cases} Q = (B - b) - (A - a) \\ Q = (A - a) - (B - b) \end{cases} \quad (12)$$

## 3. 水尺计重的误差分析

水尺计重工作中, 导致计重误差的因素有很多, 本文重点探讨由于船舶纵倾而引起的误差以及基于新规则下纵倾修正的改进方法。

### 3.1. 纵倾修正

由于船舶存在纵倾, 最终求得的平均吃水  $d_{M3}$  存在船舶平均吃水的漂心修正量(或称纵倾修正), 需要对求得的船舶排水量进行修正。

鉴于此, 日本工程师根本广太郎提出一种修正方式并给出了计算公式。

$$\delta\Delta = \frac{100t \cdot x_f \cdot TPC}{L_{bp} - l_F - l_A} + \frac{50t^2}{L_{bp} - l_F - l_A} \cdot \frac{dM}{dZ} \quad (13)$$

式中： $\frac{dM}{dZ}$ —平均吃水  $d_{M3}$  处的 MTC 变化率。

在公式(13)中，等号右侧第一项称为一次修正，第二项称为二次修正。当船舶  $|t| < 0.3$  m 时，可不进行纵倾修正；当  $0.3$  m  $< |t| < 1.0$  m 时，仅需进行上式中第一项修正；当  $|t| > 1.0$  m 时应按上式进行全部修正。

### 3.2. 对根本氏方法的思考

根本氏公式的提出可以说是水尺计重发展史上一次质的飞跃，根本氏公式指出“大纵倾时，吃水面如其微分定倾中心旋转，排水量不变”，同时，根本氏公式解决了大纵倾状态下的吃水修正问题，与邦金曲线、菲尔索夫图谱相比较，此方法计算装货重量更简捷可行[9]。然而，根本氏公式终究是一个近似公式，迄今四度就很难来保证，这是其一。除此之外，在公式说明上也存在一定的缺陷，按照表面意思我们还要去确定一个临界值来做具体的一次、二次或者忽略修正的问题。而本质上，只要船舶存在纵倾，无论大小均应对船舶进行纵倾修正。恰好 08 新规则的提出，为纵倾修正作适当的修改提供了良好契机。

### 3.3. 基于 08 新规则下纵倾修正的改进方法

按照传统做法我们之所以要进行纵倾修正原因在于：最终求得的平均吃水  $d_{M3}$  由于存在一定的吃水差，当查取静水力参数表时得到的排水量不是船舶实际排水量。但是，在 08 新规则中明确提出了船舶的稳性计算书中必须按照不同纵倾状态分别提供船舶静水力参数表。所以，我们就利用算得的平均吃水与吃水差两个引数来查取静水力参数表获得无需纵倾修正的排水量。

可以简单的理解为，原来的查表引数只有平均吃水  $d_{M3}$ ，而 08 新规则提出后，我们完全可以拿平均吃水  $d_{M3}$  和吃水差  $t$  这两个引数来查取一定纵倾状态的船舶静水力参数表得到排水量  $\Delta_{新}$ 。

按照新方法查取的排水量  $\Delta_{新}$  无需进行纵倾修正或对  $\Delta_{新}$  再利用根本氏修正法进行修正能够得到更为准确的船舶排水量。

## 4. 实船计算

### 4.1. 两种静水力参数表的比对

由表 1~表 3 给出了出同一平均吃水下不同纵倾状态时所对应的船舶排水量不同。例如，平均吃水均为 8 m 时，吃水差 Trim 为 0、-1 m、-2 m 时对应的排水量分别为 29,405 t、29,387 t、29,507 t。

Table 1. Hydrostatic Table (with Trim = 0 m)

表 1. 平吃水下的静水力参数表

T (m)	D (t)	LCF (m)	KB (m)	LCB (m)	TKM (m)	TPC (t/cm)
8.00	29,403	-1.136	4.153	3.889	12.039	40.41
8.05	29605	-1.246	4.180	3.854	12.024	40.46
8.10	29,808	-1.356	4.206	3.819	12.009	40.52
8.15	30,010	-1.467	4.232	3.784	11.995	40.57
8.20	30213	-1.577	4.259	3.748	11.980	40.63

**Table 2.** Hydrostatic Table (with Trim = -1 m)

**表 2.** 吃水差  $t = -1$  m 的静水力参数表

T (m)	D (t)	LCF (m)	KB (m)	LCB (m)	TKM (m)	TPC (t/cm)
8.00	29,444	-1.991	4.163	2.319	12.132	41.05
8.05	29,649	-2.099	4.190	2.288	12.117	41.09
8.10	29,855	-2.205	4.217	2.258	12.101	41.14
8.15	30,060	-2.310	4.244	2.226	12.086	41.18
8.20	30,266	-2.412	4.271	2.195	12.071	41.22

**Table 3.** Hydrostatic Table (with Trim = -2 m)

**表 3.** 吃水差  $t = -2$  m 的静水力参数表

T (m)	D (t)	LCF (m)	KB (m)	LCB (m)	TKM (m)	TPC (t/cm)
8.00	29,505	-2.677	4.187	0.680	12.239	41.56
8.05	29,713	-2.767	4.214	0.656	12.222	41.60
8.10	29,921	-2.851	4.241	0.632	12.205	41.64
8.15	30,129	-2.930	4.268	0.608	12.189	41.68
8.20	30,337	-3.006	4.295	0.584	12.173	41.71

#### 4.2. 两种方法下的实船计算

本文假设某轮“DMU”某一航次装货后，按照操作流程得到六面吃水，然后依次按照公式(1)~(7)得到最终平均吃水  $d_{M3} = 17.7$  m (型吃水)，吃水差  $t = -2$  m。分别用两种方式进行计算。

已知：“DMU”轮的垂线间长  $L_{bp} = 206.60$  m，观测首吃水点至首垂线的水平距离  $l_F = 12.34$  m，观尾首吃水点至尾垂线的水平距离  $l_A = 19.50$  m。

根本氏法：

$$\delta\Delta = \frac{100t \cdot x_f \cdot TPC}{L_{bp} - l_F - l_A} + \frac{50t^2}{L_{bp} - l_F - l_A} \cdot \frac{dM}{dZ} \quad (14)$$

以平均吃水 17.7 m 为引数查静水力曲线数值表，得到排水量  $\Delta_0 = 118732.0$  t，漂心纵向坐标  $x_f = 98.175$  m (由于坐标原点不同带入公式中的  $x_f = -5.125$  m)， $TPC = 77.6$  t/cm。利用公式(4.13)，求得  $\delta\Delta = 457.1$  t。

用该方法求得最终船舶排水量为 119189.1 t。

新方法求算：

由表 4 可以明显看出，用平均吃水跟吃水差便可直接查取得到船舶实际排水量。用该方法求得最终船舶排水量为 118745.3 t。

如此求出的排水量与传统求法的差值为 443.8 t，前面提到根据国际惯例，出入境检验检疫机构规定如果船舶制表精度为千分之一水尺计重的允许误差为千分之五，显然对比的差值在允许的范围之内。

然而，新方法的求取更加简便、快捷，理论上求取的结果更加精确。虽然只是一点点的改进与创新，相信在新规则的强制要求下水尺计量这门古老而成熟的航海学科会得到更好的发展。

#### 5. 结论

本文对水尺计重的计算原理、测算步骤做了简单阐述，并对 08 新规则在稳性校核方面的变化做了总

**Table 4.** Total displacement  
**表 4.** 静水力参数表 2

Draught	trim							
	-3.000	-2.500	-2.000	-1.500	-1.000	-0.500	0.500	1.000
17.550	117793.8	117692.5	117586.6	117482.6	117380.2	117279.4	117471.7	117376.9
17.600	118167.6	118078.4	117972.8	117869.1	117767.1	117666.8	117859.8	117765.5
17.650	118535.1	118464.1	118358.9	118255.8	118154.1	118054.3	118248.3	118154.2
17.700	118895.9	118849.9	118745.3	118642.5	118541.3	118441.7	118636.7	118543.0
17.750	119250.3	119234.7	119131.7	119029.2	118928.5	118829.4	119025.2	118932.0

结和归纳。运用船舶静力学知识对纵倾修正做了较为细致的分析与研究，针对新规则的变化在原纵倾修正(根本氏法)的基础上提出纵倾修正新的求算方法。纵观全文，具体有以下几点：

1) 文章开始并未直接介绍水尺计重的方法与步骤，而是运用船舶静力学知识对平均吃水与排水量的求解做了原理上的分析。这为水尺计重打下了坚实的理论基础。

2) 对 08 新规则的解读与应用延伸。《2008 年 IS 规则》是用来衡量船舶稳性的，本文将其延伸到水尺计重上，研究了因规则变化而带来的水尺计重计算方法上的革新。

3) 纵倾修正是水尺计重工作的关键环节，通过对经典公式根本氏算法的研究与思考，提出纵倾修正新的解决方法，即在新规则下利用平均吃水跟吃水差两个引数查取静水力参数表得到排水量。新方法下求得的排水量无需警醒纵倾修正，或者利用根本氏法只进行纵倾一次修正方可，大大提高了计重精度。

## 参考文献

- [1] 沈益骏, 李博, 王鹏皓. 雷达液位计测距技术在船舶水尺计重中的应用[J]. 中国舰船研究, 2017, 12(6): 134-140.
- [2] 章文俊, 高世龙, 朱金善, 等. 船体下沉导致水尺计重误差的修正方法研究[J]. 航海工程, 2015, 44(1): 126-130.
- [3] 刘春雷, 张秀凤, 孙霄峰, 等. 基于加密型值表的改进水尺计重方法[J]. 交通运输工程学报, 2014, 14(3): 58-64.
- [4] 王淑敏, 方卫东. 水尺计重实施中几个问题的研究[J]. 大连海事大学学报, 1998(1): 80-83.
- [5] 张贵红. 浅谈船舶常数与水尺计重的关系[J]. 中国商检, 1997(10): 37.
- [6] Ran, X., Shi, C.-J., Chen, J.-B., et al. (2011) Draft Line Detection Based on Image Processing for Ship Draft Survey. In: Gaol, F.L. and Nguyen, Q.V., Eds., *Proceedings of the 2011 2nd International Congress on Computer Applications and Computational Science*, Springer, Warszawa, 39-44.
- [7] Gu, H.-W., Zhang, W., Xu, W.-H., et al. (2013) Digital Measurement System for Ship Draft Survey. *Applied Mechanics and Materials*, **333-335**, 312-316.
- [8] Ziha, K. (2002) Displacement of a Deflected Ship Hull. *Marine Technology & SNAME News*, **39**, 54-61.
- [9] Ivce, R., Jurdana, I. and Mohovic, R. (2011) Determining Weight of Cargo Onboard Ship by Means of Optical Fiber Technology Draft Reading. *Promet-Traffic & Transportation*, **23**, 421-429.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3431，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ojtt@hanspub.org](mailto:ojtt@hanspub.org)