



# 现行荷载规范船舶排水量和受风面积的曲线拟合

赵妍, 史云霞, 李增光

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

**摘要:** 对港口工程荷载规范2010版中75%保证率下的船舶排水量和受风面积进行了曲线拟合, 计算结果与规范计算结果基本一致, 表明了所提出的拟合曲线适用于不同船型的船舶排水量和受风面积计算, 为规范中未包括的船型排水量和受风面积的计算提供了一个更趋于合理、简便、精确的新方法。

**关键词:** 75%保证率; 排水量; 受风面积; 曲线拟合

**中图分类号:** U 662.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2013)10-0107-03

## Curve fitting for calculation of ship displacement and windage area in current code on load

ZHAO Yan, SHI Yun-xia, LI Zeng-guang

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

**Abstract:** Curve fitting for the calculation of ship displacement and windage area under 75% guarantee rate in the 2010 Code on Load for Harbour Engineering is carried out. The results are consistent with the norms calculation, indicating that the proposed curve fitting is applicable for the calculation of ship displacement and windage area for different types of ships. This article provides a more reasonable, simple and accurate calculation method on ship displacement and windage area for the type of ship not included in the new code on load.

**Key words:** 75% guarantee rate; ship displacement; windage area; curve fitting

以港口工程荷载规范2010版<sup>[1]</sup>中列出的部分船型75%保证率下排水量和受风面积计算值为依据, 依排水量及受风面积随载质量的变化规律, 对基本数据作统一处理, 再运用曲线拟合方法建立数学模型以求解各种船型的排水量及受风面积。

### 1 排水量和受风面积的基本概念以及以往计算公式

#### 1.1 船舶排水量

船舶在某一载重状态下的总质量, 在数量上等于船舶浮在水中所排开水的质量, 即排水量。

#### 1.2 船舶受风面积

受风面积是指所计算的排水量情况下, 水位线以上船舶各部分在横向和纵向上的侧投影面

积。多用于计算作用于船舶上的风荷载。

#### 1.3 早期对排水量及受风面积的计算公式

1) 《港口建筑物设计标准》(日本79规范)<sup>[2]</sup>。

$$\begin{cases} \lg \Delta f = 0.177 + 0.991 \lg DW & (\text{货船}) \\ \lg \Delta f = 0.294 + 0.956 \lg DW & (\text{矿石船}) \\ \lg \Delta f = 0.263 + 0.963 \lg DW & (\text{油轮}) \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $\Delta f$ 为满载排水量;  $DW$ 为载质量(t)。

2) 日本89规范。

$$\begin{cases} \lg DT = 0.550 + 0.899 \lg DWT & (1\text{万t以下货船}) \\ \lg DT = 0.511 + 0.913 \lg DWT & (1\text{万t以上货船}) \\ \lg DT = 0.365 + 0.953 \lg DWT & (\text{集装箱船}) \\ \lg DT = 0.657 + 0.909 \lg DWT & (\text{滚装船}) \\ \lg DT = 0.332 + 0.956 \lg DWT & (\text{油船}) \end{cases} \quad (2)$$

式中:  $DT$ 为满载排水量;  $DWT$ 为载质量(t)。

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 赵妍(1979—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事港口工程工作。

3) JTJ 215—1998《港口工程荷载规范》<sup>[3]</sup>。

货船满载时的受风面积:

$$\begin{cases} \lg A_{sw} = -0.036 + 0.742 \lg DW \\ \lg A_{yw} = -0.107 + 0.621 \lg DW \end{cases} \quad (3)$$

货船半载或压载时的受风面积:

$$\begin{cases} \lg A_{sw} = 0.283 + 0.727 \lg DW \\ \lg A_{yw} = 0.019 + 0.628 \lg DW \end{cases} \quad (4)$$

矿石船满载时的受风面积:

$$\begin{cases} \lg A_{sw} = 0.648 + 0.550 \lg DW \\ \lg A_{yw} = 0.427 + 0.480 \lg DW \end{cases} \quad (5)$$

矿石船半载或压载时的受风面积:

$$\begin{cases} \lg A_{sw} = 0.733 + 0.601 \lg DW \\ \lg A_{yw} = 0.377 + 0.533 \lg DW \end{cases} \quad (6)$$

油船满载时的受风面积:

$$\begin{cases} \lg A_{sw} = 0.485 + 0.574 \lg DW \\ \lg A_{yw} = 0.116 + 0.539 \lg DW \end{cases} \quad (7)$$

油船半载或压载时的受风面积:

$$\begin{cases} \lg A_{sw} = 0.618 + 0.620 \lg DW \\ \lg A_{yw} = 0.164 + 0.575 \lg DW \end{cases} \quad (8)$$

式中:  $A_{sw}$ ,  $A_{yw}$ 为相应装载情况下船体水面以上横向和纵向受风面积;  $DW$ 为船舶载质量(t)。

随着船型的发展变化, 这些早期的计算公式的精度已不能满足要求, 迫切需要更精确、简便的计算方法。为此, 以港口工程荷载规范2010版中列出的部分船型75%保证率下排水量和受风面积的计算值为依据, 运用曲线拟合方法建立数学模型来求解船舶排水量和受风面积。

## 2 所用数学方法

### 2.1 曲线拟合问题

设变量获得 $m$ 对数据 $(x_i, y_i)(i=1, 2, \dots, m)$ 。希望用这 $m$ 对数构造一个近似函数 $f(x)$ 。由于一般 $m$ 比较

大, 用插值方法来建立近似函数 $f(x)$ 的方法是不可取的。

曲线拟合方法是希望所寻找的近似函数 $f(x)$ 在 $x_i$ 处的函数值 $f(x_i)$ 与观测值 $y_i (i=1, 2, \dots, m)$ 拟合得好。可以用初等函数、样条函数、Bezier函数等作为拟合函数或称为拟合函数类, 将它们线性表示为近似函数。希望 $f(x_i)$ 与 $y_i(i=1, 2, \dots, m)$ 的残差尽可能小, 这种构造近似函数的方法称为曲线拟合,  $f(x)$ 称为拟合函数<sup>[4]</sup>。

### 2.2 幂函数拟合

对某一类型的数据, 通常做拟合函数为:

$$g(x) = \beta x^\alpha \quad (9)$$

式中:  $\alpha, \beta$ 为待定系数。首先将上式两边取对数得:

$$\lg g = \alpha \lg x + \lg \beta \quad (10)$$

定义:

$$G = \lg(g) \quad (11)$$

$$C_1 = \alpha \quad (12)$$

$$C_2 = \lg \beta \quad (13)$$

$$X = \lg(x) \quad (14)$$

式(10)变为:

$$G = C_1 X + C_2 \quad (15)$$

简化为直线拟合问题,  $(\lg(y_i), \lg(x_i))$ 为拟合数据点。

## 3 数据处理结果以及与现行荷载规范数值的比较

### 3.1 幂函数曲线拟合公式

所用参照数据来源于JTS 144-1—2010《港口工程荷载规范》<sup>[1]</sup>附录H, 结果为75%保证率下的船舶排水量和受风面积。

$$Y = \alpha X^\beta \quad (16)$$

式中:  $X$ 为载质量。幂函数拟合系数见表1。

表1 幂函数拟合系数

Y	杂货船		散货船		油船	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
排水量	2.519 8	0.942 1	2.187 4	0.946 2	2.150 8	0.955 5
满载受风面积 $A_{sw}$	3.840 8	0.619 0	18.547 0	0.424 4	3.970 3	0.559 4
压载受风面积 $A_{sw}$	3.436 6	0.665 0	9.988 3	0.529 8	4.655 4	0.592 4
满载受风面积 $A_{yw}$	0.623 7	0.668 3	9.463 3	0.369 8	3.225 2	0.474 5
压载受风面积 $A_{yw}$	1.303 3	0.616 7	4.497 0	0.469 3	1.886 1	0.551 1

### 3.2 与现行荷载规范数值比较

曲线拟合结果与现行规范数值比较见表2。本

文推导的拟合曲线计算结果与现行荷载规范数值基本吻合, 误差率为0~1.1%, 精度上满足工程

表2 曲线拟合结果与现行规范数值比较

船舶类型	载质量/t	排水量			横向						纵向					
		2010规范/t	拟合公式/t	误差/%	满载受风面积 $A_{sw}$			压载受风面积 $A_{sw}$			满载受风面积 $A_{yw}$			压载受风面积 $A_{yw}$		
					2010规范/m <sup>2</sup>	拟合公式/m <sup>2</sup>	误差/%	2010规范/m <sup>2</sup>	拟合公式/m <sup>2</sup>	误差/%	2010规范/m <sup>2</sup>	拟合公式/m <sup>2</sup>	误差/%	2010规范/m <sup>2</sup>	拟合公式/m <sup>2</sup>	误差/%
杂货船	1 000	1 690	1 689	0.1	278	276	0.7	342	340	0.6	63	63	0.0	93	92	1.1
	2 000	3 250	3 245	0.2	426	424	0.5	541	539	0.4	101	100	1.0	142	142	0.0
	3 000	4 750	4 755	0.1	547	545	0.4	708	705	0.4	132	131	0.8	182	182	0.0
	5 000	7 690	7 694	0.1	750	748	0.3	993	991	0.2	185	185	0.0	249	249	0.0
	7 000	10 600	10 564	0.3	922	922	0.0	1 240	1 239	0.1	232	232	0.0	307	306	0.3
	10 000	14 800	14 783	0.1	1 150	1 149	0.1	1 570	1 571	0.1	294	294	0.0	382	382	0.0
	15 000	21 600	21 660	0.3	1 480	1 477	0.2	2 060	2 057	0.1	385	385	0.0	490	490	0.0
	20 000	28 400	28 403	0.0	1 760	1 765	0.3	2 490	2 491	0.0	466	467	0.2	585	585	0.0
	30 000	41 600	41 616	0.0	2 260	2 269	0.4	3 250	3 261	0.3	611	612	0.2	750	752	0.3
	40 000	54 500	54 572	0.1	2 700	2 711	0.4	3 940	3 949	0.2	740	742	0.3	895	898	0.3
散货船	5 000	6 920	6 917	0.0	689	689	0.0	910	910	0.0	221	221	0.0	245	245	0.0
	7 000	9 520	9 510	0.1	795	795	0.0	1 090	1 088	0.2	250	250	0.0	287	287	0.0
	10 000	13 300	13 327	0.2	930	924	0.6	1 320	1 314	0.5	286	285	0.3	340	339	0.3
	15 000	19 600	19 559	0.2	1 100	1 098	0.2	1 630	1 629	0.1	332	331	0.3	411	410	0.2
	20 000	25 700	25 678	0.1	1 240	1 241	0.1	1 900	1 897	0.2	369	369	0.0	470	469	0.2
	30 000	37 700	37 686	0.0	1 480	1 474	0.4	2 360	2 352	0.3	428	428	0.0	569	568	0.2
	50 000	61 100	61 107	0.0	1 830	1 830	0.0	3 090	3 083	0.2	518	517	0.2	723	721	0.3
	70 000	84 000	84 016	0.0	2 110	2 111	0.0	3 690	3 685	0.1	586	586	0.0	846	845	0.1
	100 000	118 000	117 741	0.2	2 460	2 456	0.2	4 460	4 451	0.2	669	668	0.1	1 000	999	0.1
	150 000	173 000	172 801	0.1	2 920	2 917	0.1	5 520	5 518	0.0	777	777	0.0	1 210	1 208	0.2
油船	200 000	227 000	226 863	0.1	3 300	3 296	0.1	6 430	6 427	0.0	864	864	0.0	1 380	1 383	0.2
	250 000	280 000	280 194	0.1	3 630	3 624	0.2	7 240	7 233	0.1	938	938	0.0	1 540	1 535	0.3
	1 000	1 580	1 582	0.1	190	189	0.5	280	279	0.4	86	86	0.0	85	85	0.0
	2 000	3 070	3 067	0.1	280	279	0.4	422	420	0.5	119	119	0.0	125	124	0.8
	3 000	4 520	4 518	0.0	351	350	0.3	536	534	0.4	144	144	0.0	156	156	0.0
	5 000	7 360	7 361	0.0	467	466	0.2	726	723	0.4	184	184	0.0	207	206	0.5
	7 000	10 200	10 153	0.5	564	562	0.4	885	883	0.2	216	215	0.5	249	248	0.4
	10 000	14 300	14 276	0.2	688	686	0.3	1 090	1 090	0.0	255	255	0.0	303	302	0.3
	15 000	21 000	21 031	0.1	860	861	0.1	1 390	1 386	0.3	309	309	0.0	378	378	0.0
	20 000	27 700	27 684	0.1	1 010	1 011	0.1	1 650	1 644	0.4	355	354	0.3	443	442	0.2
30 000	40 800	40 784	0.0	1 270	1 269	0.1	2 090	2 090	0.0	430	429	0.2	554	553	0.2	
50 000	66 400	66 446	0.1	1 690	1 688	0.1	2 830	2 829	0.0	548	547	0.2	734	733	0.1	
70 000	91 600	91 641	0.0	2 040	2 038	0.1	3 460	3 453	0.2	642	642	0.0	884	882	0.2	
100 000	129 000	128 855	0.1	2 490	2 488	0.1	4 270	4 265	0.1	761	760	0.1	1 080	1 074	0.6	
150 000	190 000	189 826	0.1	3 120	3 121	0.0	5 430	5 423	0.1	920	922	0.2	1 340	1 343	0.2	
200 000	250 000	249 882	0.0	3 670	3 666	0.1	6 430	6 431	0.0	1 060	1 057	0.3	1 570	1 574	0.3	
300 000	368 000	368 120	0.0	4 600	4 600	0.0	8 180	8 177	0.0	1 280	1 281	0.1	1 970	1 968	0.1	

使用要求。

在1%以内, 精度满足要求, 使用更为简便, 应用范围广, 为码头设计提供了较为合理的参考依据。

#### 4 结语

1) 本文以现行荷载规范中75%保证率下的船舶排水量和受风面积数值作为数据基础, 对其进行曲线拟合, 最终得到了对应不同船型的15个幂函数拟合公式。

2) 拟合得到的公式计算结果与规范数值误差

#### 参考文献:

- [1] JTS 144-1—2010 港口工程荷载规范[S].
- [2] 1979-03 港口建筑物设计标准[S].
- [3] JTJ 215—1998 港口工程荷载规范[S].
- [4] 陈英同. 计算方法[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2001.

( 本文编辑 武亚庆 )