

[设计与研究]

Holtrop 法与船型阻力估算*

袁红良 (沪东中华造船(集团)公司开发研究所)

[关键词] Holtrop 法; 船舶阻力

[摘 要] Holtrop 法为一种常用的船舶阻力估算公式, 本文利用 Holtrop 法对最近十年开发的船型进行了阻力估算, 并与船模试验结果进行了比较. 同时对公式中的各个阻力成分进行了分析, 给出了误差产生的原因以及误差的大小.

[中图分类号] U661.31+1 [文献标识码] A [文章编号] 1001-9855(2003)05-0013-05

Holtrop method and hull form resistance estimation

Yuan Hongliang

Keywords: Holtrop method; hull resistance

Abstract: Holtrop method is a common estimation formula for hull resistance. This paper presents a calculation of the hull resistance for the ships designed in the last ten years by using this method, compares them with sea test results, analyzes each resistance factor used in the formula, and presents the reasons why the error happen and their amount.

在船型开发的初始阶段或是在报价设计的过程中, 航速的预估常会让设计人员一愁莫展, 因为如果有类似母型船的话, 还可以用海军系数法进行估算, 否则就只能作近似估算, 至于结果如何, 则心里没底. 通常在遇到类似情况, 会请水池进行航速预估, 而水池也仅根据自己的数据库进行航速预估, 如果提出的船型比较新的话, 预估的数值也会与试验结果相差较大, 使得设计船的营运经济性变差.

基于上面所说的情况, 早期曾经出现了阻力估算系列图表, 通过有规律地变化一系列系数得到一些有用的曲线, 比如 Taylor 图谱、Gertler 图谱、Lap 图谱、Harvald 图谱等, 由于变化的系数范围较小, 因此这一系列图谱的使用局限性比较大. 而根据大量试验数据回归得到的经验公式则弥补了图谱的局限性. 回归公式的产生也使得阻力估算的电算化成为可能. 在众多的回归公式中, Holtrop 1977 年至 1984 年陆续发表在“国际造船进展”中的资料运用最为广泛, 许多造船程序中的航速估算都不同程度地使用了 Holtrop 法回归公式. 本文对不同方形系

数的运输船舶用 Holtrop 法进行阻力估算, 并与相应的船模试验数据进行比较, 以校核其实用性.

1 Holtrop 法

荷兰 MARIN 水池的 Holtrop 根据 334 个模型的试验数据, 加上系列 64 的高速船系列数据进行回归, 使得傅氏德数的范围扩展到 0.55 以上. 下面为 Holtrop 阻力估算公式:

$$R_{total} = R_f(1 + k_1) + R_{app} + R_w + R_b + R_{tr} + R_a$$

R_f : 根据 ITTC 1957 公式得到的摩擦阻力

$1+k_1$: 船型系数

R_{app} : 附体阻力

R_w : 波浪阻力

R_b : 球鼻艏引起的附加阻力

R_{tr} : 方艏浸没引起的附加阻力

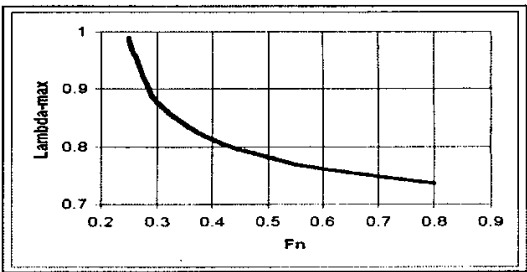
R_a : 船模与实船的相关修正因子

* [收稿日期] 2002-12-3

[作者简介] 袁红良, 男, 汉族, 工程师, 从事船舶结构设计研究工作.

2 Holtrop 法的使用范围

根据 Holtrop 发表的文章认为早期发表的公式只能估算较低傅氏德数船型的阻力,而当估算 $Fn > 0.5$ 的船型时会发现不准确的现象。在后来发表的资料中加入了高速船型的试验数据,使得运用范围扩展到 0.55 以上。而在后人使用的基础上又引进了朗达系数(Lambda): $1.446 C_P - 0.03 L/B$,认为只有朗达系数低于图表曲线的船型才适合使用 Holtrop 法估算阻力。



3 Holtrop 法用于快速集装箱船的估算结果

3.1 巴拿马型集装箱船

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{ch}	$P_{e(model)}$	P_{ch}/P_{em}
21	812.72	1.145	20.318	165	136.7	178.7	1 431.28	15 471.9	12 972	119%
22	887.09	1.145	11.1773	237	141	196	1 611.9	18 254	15 152	120%
23	964.5	1.145	24.1125	312.4	145	214	1 799.87	21 309.2	17 644	121%
24	1 045	1.145	26.125	410.6	149.4	233.4	2 016.05	24 906.5	20 594	121%
24.5	1 086	1.145	27.15	440.5	151	243	2 105.12	26 548.7	22 366	119%
25	1 128	1.145	28.2	537.8	153	253	2 263.56	29 129.4	24 461	119%

3.2 超巴拿马型集装箱船

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{ch}	$P_{e(model)}$	P_{ch}/P_{em}
23	1 169.3	1.155	35.079	316	67.9	243.4	2 012.92	23 831.6	19 968	119%
24	1 267	1.155	38.01	425	70.5	265	2 261.9	27 943.7	22 861	122%
25	1 368.2	1.155	41.046	551	73	287.6	2 532.92	32 595.7	26 441	123%
26	1 473	1.155	44.19	722.2	75.4	311	2 854.11	38 198.2	30 855	124%
27	1 581.6	1.155	47.448	914.4	77.65	335	3 201.25	44 492.1	36 252	123%

3.3 2 000 TEU 级集装箱船-1

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{ch}	$P_{e(model)}$	P_{ch}/P_{em}
19	426	1.185	12.78	129.2	118	114.6	879.39	8 600.72	6 395	134%
20	469.4	1.185	14.082	190.8	122	129.4	1 012.52	10 424	8 021	130%
21	514.5	1.185	15.435	266.4	125.8	139.9	1 157.22	12 509.3	10 138	123%
22	561	1.185	16.83	351.2	129.2	153.6	1 315.62	14 898.8	13 247	112%

3.4 2 000 TEU 级集装箱船-2(船模为二因次)

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{eh}	$P_{e(model)}$	P_{eh}/P_{em}
19	425.7	1.183	12.771	134.9	103	112.9	867.174	8 481.24	6 351	134%
20	468.8	1.183	14.064	185.2	108.4	125	987.254	10 163.9	7 871	129%
21	513.8	1.183	15.414	252.4	112.8	137.9	1 126.34	12 175.5	10 081	121%
22	560.8	1.183	16.824	348.5	117	151.3	1 297.05	14 688.6	13 586	108%

3.5 2 000 TEU 级集装箱船-2(船模为三因次 $1+k_1=1.23$)

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{eh}	$P_{e(model)}$	P_{eh}/P_{em}
18	384.6	1.183	11.538	93.5	98.7	101.2	759.92	7 041.09	6 085.3	116%
19	425.7	1.183	12.771	134.9	103	112.9	867.174	8 481.24	7 240.4	117%
20	468.8	1.183	14.064	185.2	108.4	125	987.254	10 163.9	8 772.1	116%
21	513.8	1.183	15.414	252.4	112.8	137.9	1 126.34	12 175.5	11 111.5	110%

3.6 3 000 TEU 级集装箱船

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{eh}	$P_{e(model)}$	P_{eh}/P_{em}
22	756	1.192	22.68	354.1	189.3	128.6	1 658.83	18 785.6	14 710	128%
23	822.2	1.192	24.666	513.6	195.4	134	1 923.13	22 768.6	18 250	125%
24	890.8	1.192	26.724	665.8	200.7	139.1	2 183.06	26 969.7	23 298	116%
25	961.9	1.192	28.857	903.1	205.7	144	2 531.64	32 579.3	30 057	108%

4 Holtrop 法用于低速肥大型船的估算结果

4.1 30 000 吨级散货舱(船模为二因次)

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{eh}	$P_{e(model)}$	P_{eh}/P_{em}
12	193.1	1.272	2.8965	13.5	0.068	50.1	312.188	1 927.07	1 776	109%
13	224.4	1.272	3.366	28.5	0.079	58.8	376.182	2 515.6	2 315	109%
14	257.8	1.272	3.867	54.7	0.09	68.2	454.779	3 275.13	2 928	112%
15	293.55	1.272	4.40325	96.5	0.1	78.2	552.599	4 263.85	3 787	113%
16	331.4	1.272	4.971	159.14	0.11	89	674.762	5 553.56	4 901	113%

4.2 巴拿马型散货船(船模:1+k₁=1.24)

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{ch}	$P_{e(model)}$	P_{ch}/P_{em}
13	379	1.316	5.685	30.1	12.2	85	631.749	4 224.63	3 497.88	121%
14	436	1.316	6.54	61.2	13.95	98.7	754.166	5 431.2	4 439.18	122%
15	496	1.316	7.44	113.8	15.7	113.3	902.976	6 967.36	5 717.95	122%
16	560.3	1.316	8.4045	196.6	17.4	128.9	1 088.66	8 960.1	7 558.37	119%

4.3 巴拿马型油轮(船模:1+k₁=1.24)

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{ch}	$P_{e(model)}$	P_{ch}/P_{em}
14	432	1.305	6.48	52	92.9	97.7	812.84	5 853.75	4 517	130%
15	491.6	1.305	7.374	96.7	103.6	112.2	961.412	7 418.25	5 748	129%
16	555	1.305	8.325	167	114.2	127.6	1 141.4	9 394.18	7 364	128%
17	622	1.305	9.33	271.7	124.6	144.1	1 361.44	11 905.5	9 968	119%

4.4 Aframax 型原油轮(船模:1+k₁=1.245)

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{ch}	$P_{e(model)}$	P_{ch}/P_{em}
13	467	1.318	7.005	15.7	130.5	100.4	869.111	5 811.92	4 812.9	121%
14	536.8	1.318	8.052	35.1	147.6	116.4	1 014.65	7 307.14	5 985.0	122%
15	611	1.318	9.165	70.9	164.6	133.6	1 183.56	9 132.37	7 329.9	125%
16	690	1.318	10.35	131.7	181	152	1 384.47	11 394.7	8 991.4	127%

4.5 Capesize 型散货船(船模:1+k₁=1.24)

V_s	R_f	$1+k_1$	R_{app}	R_{wa}	R_b	R_a	R_t	P_{ch}	$P_{e(model)}$	P_{ch}/P_{em}
14	742.4	1.339	11.136	43	0.004	138.6	1 186.81	8 546.96	6 862.5	125%
15	845	1.339	12.675	88.8	0.0046	159	1 391.93	10 740.2	8 620.9	125%
16	954	1.339	14.31	181	0.0053	168	1 640.72	13 503.8	10 688.6	126%
17	1 070	1.339	16.05	295.8	0.006	204	1 948.59	17 040	13 295.2	128%

5 比较分析

5.1 $R_f(a+k_1)$

a)由于 C_f 的估算仍旧采用 ITTC 1957 方法估算,因此对于 R_f 的估算差别取决于湿表面积 S 。从

估算结果来看:对于大型集装箱船,由于现代设计朝着快速/小方形系数,高稳性线型发展,而 C_b 与 C_{wp} 都包括在 S 的估算公式中, $S_{(船模)}/S_{(估算)}=1.01\sim 1.04$;而对于肥大型船则比较稳定, $S_{(船模)}/S_{(估算)}=0.98\sim 0.99$ 。
b)由于本方法是根据 334 条船模试验资料回归

而得到,从上面的公式形式可以看出,Holtrop 法更接近三因次的处理方法。在计算集装箱船的阻力时得到的 $1+k_1=1.15\sim 1.19$,而肥大型船的形状因子为 $1+k_1=1.27\sim 1.34$ 。从上面各类船型的船模试验得到的数据为:集装箱船 $1+k_1=1.0$ (二因次),肥大型船的 $1+k_1=1.24\sim 1.25$ 。

5.2 R_{app}

在进行上述船型的附体阻力计算时,集装箱船取 $3\%R_f$ (考虑艏侧推),肥大型船取 $1.5\%R_f$,与 Holtrop 法推荐的公式计算结果相近而且简单,最主要的是与船模报告取法相同,具有可比性。

5.3 $R_{wa}+R_b$

a)比较 1984 年计算公式与 70 年代发表的公式,发现 $1+k_1$ 与 R_{wa} 的计算公式有不同的地方,但计算结果相差甚微。

b)在 Holtrop 法中规定球鼻艏的重心高度 H_b 不能超过 $0.6 T_f$ (艏吃水),能满足这一条规定的球鼻艏只能是梨型(水滴型),而在计算过程中发现只有 90 年代初期开发的 30 000 吨级散货轮与好望角型散货轮采用了低重心型的球鼻艏,从上面的计算表格可以发现,这两个计算例子的 R_b 几乎为 0 kN,而其它型都由于球鼻艏重心较高而导致 R_b 几乎与兴波阻力 R_{wa} 相当,而在计算的过程中如果人为地输入较低的 H_b 几乎同样可以得到 $R_b=0$ kN。

c)即使出现了如 b)所阐述的现象,对于集装箱船来说, $(R_{wa}+R_b)/R_{total}$ 也仅为 30%,如果不考虑 R_b 仅为约 20%,对于快速集装箱船似乎偏小。

5.4 R_{ir}

由于所计算的船型艏封板均位于设计水线以上,所以在计算过程中取 $R_{ir}=0$ kN。

5.5 R_a

ITTC 推荐的 $C_a=[105(ks/Lwl)^{1/3}-0.64]\times 10^{-3}$,根据手里掌握的资料来看,有些水池的 C_a 甚至取负值(巴拿马型取 $C_a=-0.0002$),而 Holtrop 推荐的公式计算得到 R_a 为 10% R_{total} ,并且没有考虑到空气及风阻力的修正。

6 结 论

a)通过上面提到的两个类型十条船的计算结果

与船模试验结果的比较可以看出 Holtrop 计算结果的稳定性。由于上述十条船都为近几年开发与建造,具有国际或国内的先进性,对于集装箱船来说,Holtrop 法估算结果比船模数据高出约 20%~25%,而对于大方形系数肥大型散货轮或油轮则为 25%以上(3.5 及 4.1 采用了与常规不同的修正方法,所以结果约为 15%)。

b)针对上面所述的问题,如果 Holtrop 要被使用,则 R_b 的公式需要重新回归。由于参与回归的都为 1984 年以前的数据,随着造船技术水平的提高特别是线型设计水平与试验手段/预报水平等的提高,必须加入代表当今设计水平的船模数据进行再一次回归。

c)在可利用船型资料或数据缺少的情况下,Holtrop 法由于估算结果的稳定性,也不失为一种好的阻力估算方法,但必须慎重使用。✕

[参考文献]

- [1] A statistic re-analysis of resistance and propulsion data. J. Holtrop International Shipbuilding Progress Nov, 1984.
- [2] A statistic analysis of performance test results. J. Holtrop International Shipbuilding Progress Feb., 1977.
- [3] Applicability Range of Holtrop-1984 Method. HCI Report No.128, Sep., 1999.
- [4] HSVA 巴拿马型集装箱船船模试验报告,2002.
- [5] HSVA 超巴拿马型集装箱船船模试验报告,2001.
- [6] 2 000 TEU 级集装箱船船模试验报告,702 研究所,2000.
- [7] 3 000 TEU 级集装箱船船模试验报告,702 研究所,2000.
- [8] 巴拿马型散货轮船模试验报告,上海船舶运输研究所,1996.
- [9] 巴拿马型油轮船模试验报告,上海船舶运输研究所,1998.
- [10] Aframax 型油轮船模试验报告,上海船舶运输研究所,2001.
- [11] 好望角型散货轮船模试验报告,上海船舶运输研究所,2002.
- [12] 27 000 t 散货轮船模试验报告,702 研究所,1994.

作者: [袁红良](#)
作者单位: [沪东中华造船\(集团\)公司开发研究所](#)
刊名: [船舶](#)
英文刊名: [SHIP & BOAT](#)
年, 卷(期): 2003, ""(5)
被引用次数: 1次

参考文献(12条)

1. [A statistic re-analysis of resistance and propulsion data](#) 1984
2. [A statistic analysis of performance test results](#) 1977
3. [Applicability Range of Holtrop-1984 Method](#) 1999
4. [HSVA巴拿马型集装箱船船模试验报告](#) 2002
5. [HSVA超巴拿马型集装箱船船模试验报告](#) 2001
6. [2 000 TEU级集装箱船船模试验报告, 702研究所](#) 2000
7. [3 000 TEU级集装箱船船模试验报告, 702研究所](#) 2000
8. [巴拿马型散货轮船模试验报告](#) 1996
9. [巴拿马型油轮船模试验报告](#) 1998
10. [Aframax型油轮船模试验报告](#) 2001
11. [好望角型散货轮船模试验报告](#) 2002
12. [27000t散货轮船模试验报告](#) 1994

引证文献(1条)

1. [潘彬彬](#), [崔维成](#), [何凌](#) [船舶多学科设计优化中的船型变换模块](#)[期刊论文]-[船舶力学](#) 2009(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cb200305002.aspx

授权使用: 哈尔滨工程大学(hebgcdx), 授权号: d1e201be-dc59-43fb-85df-9daa00c22420, 下载时间: 2010年7月5日