

双体船阻力的一种估算方法

中山大学 黄武林 张素荣

本文分析了几艘实用双体船的模型试验资料并以图表的形式表达了双体干扰阻力分数 K_r 与间距比 K/b 、付汝德数 F_n 和棱形系数 C_P 的关系, 以及片体剩余阻力系数 C_{r0} 与 F_n 和 C_P 的关系。借助这些图表可近似估算双体船阻力。

适用范围: $L/b = 8.0 \sim 13.0$; $b/d = 1.48 \sim 3.08$; $C_b = 0.46 \sim 0.58$; $C_P = 0.55 \sim 0.65$; $K/b = 1.6 \sim 3.0$ 。

双体船由于具有宽阔的甲板面积和良好的稳性, 近二、三十年来, 受到人们的重视。一些学者在理论计算和试验研究方面, 做了很多有益的工作, 使人们对双体船阻力特性有了质和量上的一般认识。但是, 就具体设计产品而言, 要精确确定其拖曳阻力, 目前还需借助模型试验。但在船舶初步设计阶段, 以一种近似方法估算双体船阻力是很有必要的。文献[3]、[6]、[7]中提出过这样的方法, 它们都有一定的参考价值, 但同时也有一定的局限性, 且文献[7]的方法在实例计算中表明误差较大。

本文在参考、分析上述成果的基础上, 结合几年来的试验研究, 用新的方法分析总结多艘实用双体船模型试验资料, 提出一个近似度较好的估算方法。

一、船模概况和试验数据处理

本文统计的用于求片体干扰阻力分数 K_r 值的五艘双体船船模主尺度及船型参数见表1, 试验范围见表2。

表1 本文统计的五艘双体船片体船型特性

船模编号	L (米)	L/b	b/d	C_b	C_P	C_M	$l_{cb}(\%L_L)$	$\nabla/L^3 \times 10^3$
7824	3.5	10.61	1.737	0.502	0.557	0.901	-2.94	2.57
7910	2.3	8.05	3.077	0.523	0.564	0.928	-1.65	2.62
7081	2.653	11.27	1.60	0.555	0.638	0.87	-2.91	2.72
7082	2.60	13.0	1.481	0.461	0.611	0.755	-1.88	1.84
8511	2.838	10.09	2.43	0.577	0.626	0.922	-2.28	2.33

阻力试验数据采用付汝德法进行换算, 其中摩擦阻力系数按1957年I.T.T.C.公式。两片体间兴波等干扰作用产生的片体干扰阻力

系数记为 ΔC_r 。

$$\Delta C_r = C_r - C_{r0}$$

式中, C_r ——双体船的剩余阻力系数;

表 2 五艘双体船试验范围

船模编号	F_n	K/b	K/L
7824	0.28~0.40	1.97~2.58	0.186~0.243
7910	0.23~0.41	1.45~4.0	0.180~0.497
7081	0.27~0.44	1.6~3.2	0.142~0.284
7082	0.27~0.48	1.4~3.2	0.108~0.246
8511	0.20~0.44	1.6~2.6	0.159~0.256

C_{r0} ——片体剩余阻力系数。

片体干扰阻力分数 K_r 定义为

$$K_r = \frac{\Delta C_r}{C_{r0}}$$

于是双体船总阻力系数为

$$C_t = C_f + C_{r0}(1 + K_r)$$

图 1 所示是其中一艘双体船的片体干扰阻力分数试验结果。

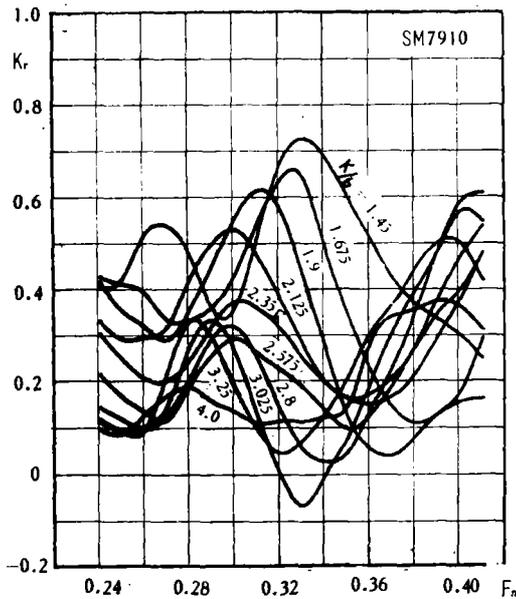


图 1

二、片体剩余阻力系数分析

片体船型比较纤瘦，考虑到船型参数间的内在联系，选用排水量长度比 ∇/L^3 、棱形系数 C_p 、浮心纵向位置 l_{cb} 、片体间距比 b/d 作

为特征参数，并认为各船模的横剖面积曲线形状及艏艉端形状已适合各自的设计付汝德数。于是片体剩余阻力系数：

$$C_{r0} = f(F_n, C_p, \nabla/L^3, l_{cb}, b/d)$$

根据文献[3]、[4]的试验， b/d 对 C_{r0} 影响相对很小，故忽略这一因素。不同实船的 l_{cb} 相对变化很小，根据文献[4]及中山大学水池的改变前后体棱形系数的试验结果，认为 l_{cb} 对 C_{r0} 的影响在这里也可以略去，从而得到

$$C_{r0} = f(F_n, C_p, \nabla/L^3)$$

C_p 、 ∇/L^3 对中、高速船都是重要因素，它们对 C_{r0} 的影响规律与普通单体船相仿。据文献

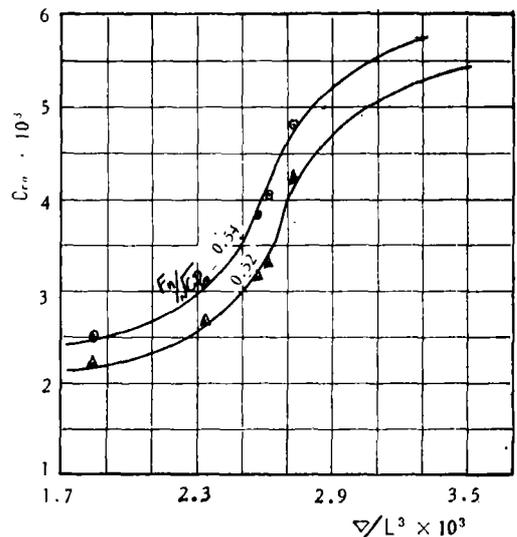
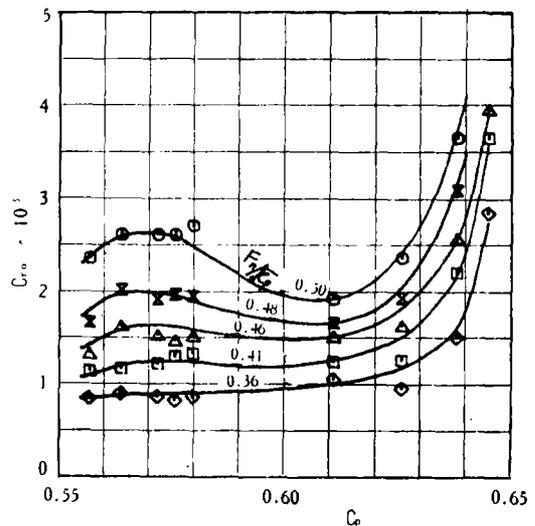


图 2

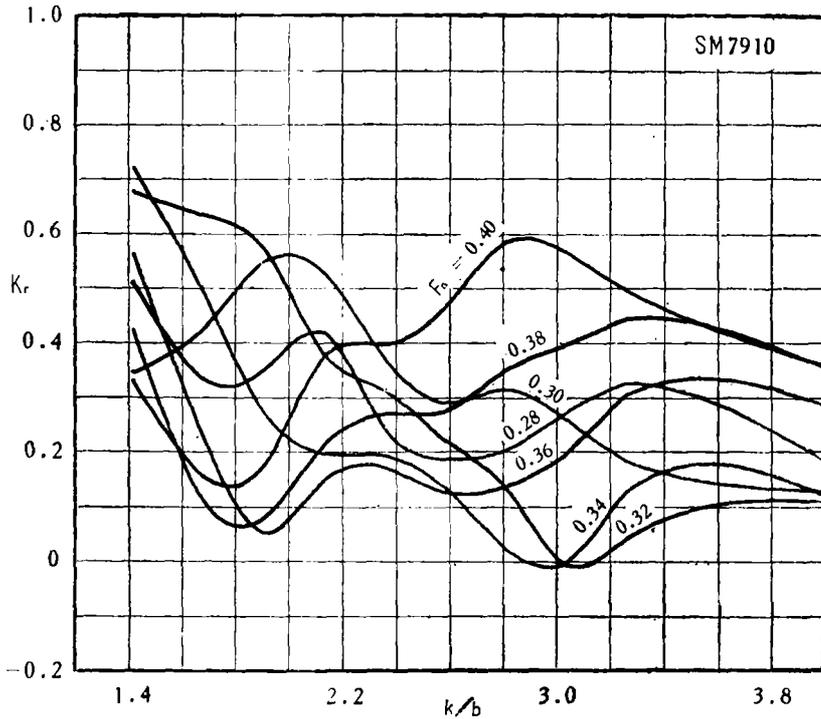


图 3

[3]、[4]及单体船有关资料分析,在中高速区靠低端($F_n < 0.38$) C_P 对 C_{r0} 的影响比 ∇/L^3 的大,靠高端($F_n > 0.38$) ∇/L^3 的影响反而大。中高速区, C_P 与 F_n 对指标 C_{r0} 的影响存在着明显的交互作用,即是说 $C_{r0} \sim F_n$ 的变化规律明显地受到 C_P 值大小的影响,而因素 F_n 与 ∇/L^3 的交互作用就不明显。由此,作者采用 $F_n/\sqrt{C_P}$ 作为一个参数,统计了九艘双体船片体试验资料,将 C_{r0} 表达成图2的形式。从图上点子的离散程度可以看出这样处理还是合理的。当片体 $b/d < 2.25$,无法采用泰勒图谱时,可由这图近似估算 C_{r0} 。

三、双片干扰阻力分数分析

片体间距宽度比 K/b 和付汝德数 F_n 是影响片体干扰阻力分数 K_r 的主要参数,从图1可清楚地看到这一点。 K/b 值一定时, K_r 曲线随 F_n 呈波浪形变化,而且波动幅值很大,特别是 K/b 较小时。 K/b 值不同,出现

峰点或谷点的 F_n 数不一样,随着 K/b 的增大,峰值减小,而且曲线峰、谷点均往低付汝德数方向移动。对于每一 F_n 数,很多情况下,都存在使 K_r 值较小的最佳 K/b 值,如图3所示。当 $F_n \geq 0.36$ 时,增加 K/b 并不

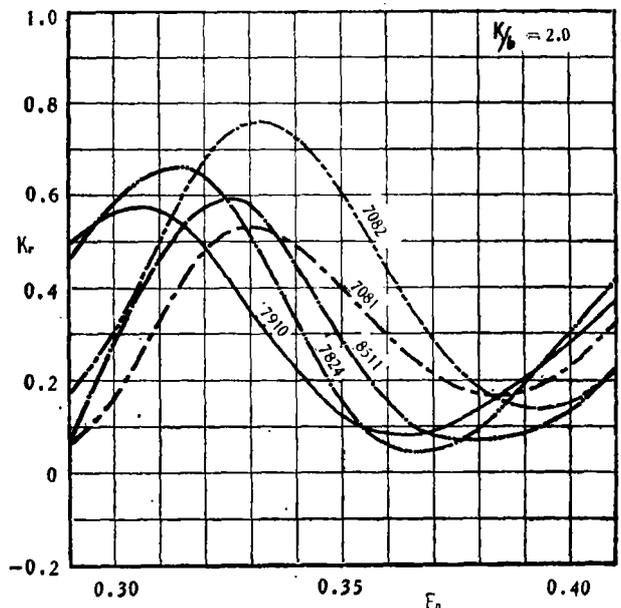


图 4

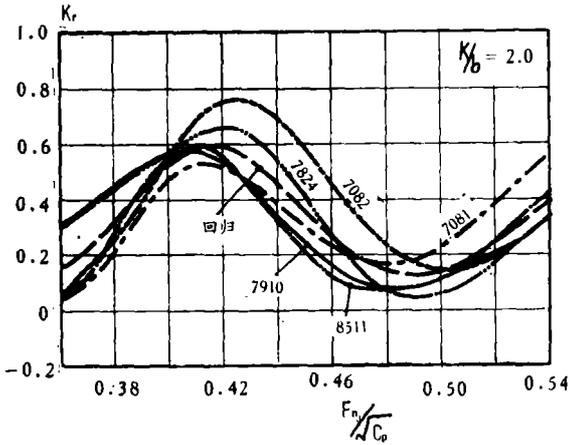


图 5

能减小干扰阻力，却相反，最佳 K/b 值随 F_n 数增加而减小。这个事实在设计中很有实际意义，因为 K/b 值小时结构强度容易得到满足。

为了便于分析船型对 K_r 的影响，分别取 $K/b = 1.6, 1.7, \dots, 2.9, 3.0$ ，将五艘双体船在同一 K/b 值下的 K_r 以 F_n 为横座标绘在一起进行比较，如图 4 所示。从这些图上可以看到， K/b 值一定时，不同船型 K_r 曲线出现峰、谷的 F_n 值不同， K_r 幅值大小也不一样。根据五艘不同船型的双体船船模试验资料，比较了各个船型参数对 K_r 曲线的影

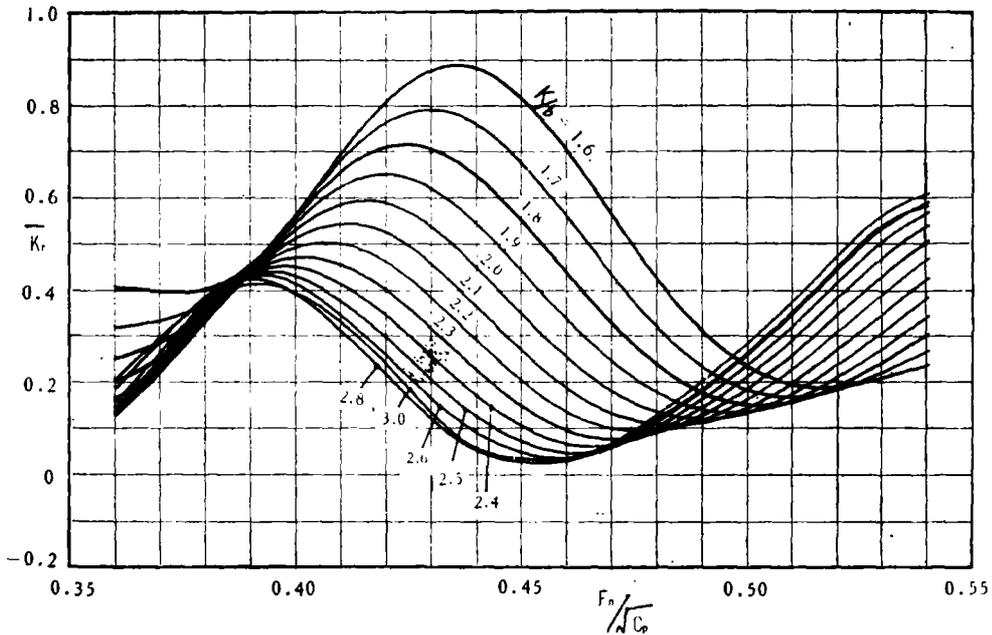


图 6

响，发现 K_r 与 C_p 关系较为密切，而且同一 K/b 值下，干扰作用的峰、谷位置主要取决于参数 $F_n/\sqrt{C_p}$ ，即是说，尽管船型不同， K_r 曲线上出现峰或谷处的 $F_n/\sqrt{C_p}$ 值几乎是一致的，如图 5 所示。这说明 K_r 曲线用 $F_n/\sqrt{C_p}$ 做横座标，比通常用 F_n 更能反映出不同船型的双体干扰阻力的共性。 K_r 曲线波动幅值与 C_p 关系亦较为密切。这与通常说的兴波长度理论是一致的。除 C_p 外，其他的船型参数主要影响片体阻力 C_{r0} ，对片体干扰

阻力影响相对较小。

根据上述分析，对五艘双体船的片体干扰阻力分数，采用回归分析法，得到以 K/b 为

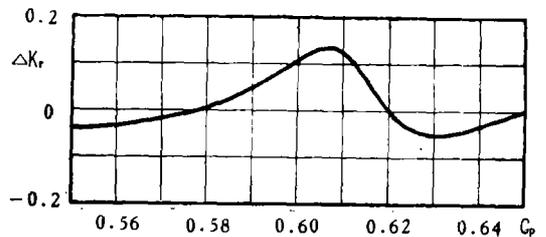


图 7

参数的 $K_r \sim F_n / \sqrt{C_P}$ 曲线, 见图 6, 以及 K_r 值修正曲线 $\Delta K_r \sim C_P$, 见图 7。借助这两图, 可求得片体干扰阻力分数 K_r 。

四 双体船阻力估算

1. 双体船总阻力

$$R_t = \frac{1}{2} \rho S V^2 \cdot C_t$$

式中, C_t ——双体船总阻力系数;

$$C_t = C_f + \Delta C_f + C_{r0} \cdot (1 + K_r)$$

C_f ——摩擦阻力系数, 按 1957 年 I. T. T. C 公式计算;

ΔC_f ——实船粗糙度补贴, 习惯取 0.4×10^{-3} ;

C_{r0} ——片体剩余阻力系数, 在没有船模试验资料情况下, 用泰勒—盖脱勒图谱估算, 或者由图 2 查得;

K_r ——片体干扰阻力分数;

$$K_r = \bar{K}_r + \Delta K_r$$

\bar{K}_r ——“平均”片体干扰阻力分数, 据 K/b 和 $F_n / \sqrt{C_P}$ 由图 6 查得;

ΔK_r ——片体干扰阻力分数修正, 据 C_P 由图 7 查得;

S ——双体船湿表面积, 片体湿表面积可用豪福德公式

$$\frac{1}{2} S = L(1.7T + C_b b)$$

2. 计算实例 1: 用本文方法计算文

表 3

V_m (米/秒)	R_{tm} (公斤)		
	文献[1]数据	本文方法	文献[7]方法
1.4	1.538	1.530	1.980
1.5	2.000	2.068	2.452
1.6	2.141	2.263	2.753
1.7	2.400	2.345	3.100
1.8	2.967	2.846	3.922

献[1]双体船船模在 $K/b = 2.25$ 时的总阻力。船模主要参数为

水线长 $L = 2.25$ 米

$L/b = 8.18$ $b/d = 1.67$

$C_b = 0.611$ $C_P = 0.645$

片体剩余阻力系数根据该文试验资料。计算结果及比较如表 3 所示。

3. 计算实例 2: 穗澳线双体客轮, 主要船型参数为:

水线长 $L = 39.0$ 米

$L/b = 8.67$ $b/d = 1.8$

$C_b = 0.556$ $C_P = 0.596$

$K/b = 2.11$

片体 C_{r0} 根据图 2, 计算结果如表 4。

表 4

V_S (节)	P_{RS} (马力)		
	本文法	试验值	文献[7]法
10.58	254.9	274.6	257.5
12.05	455.2	485.8	590.0
13.52	635.2	636.0	810.0

参 考 文 献

- [1] 蒋慰昌, “双体船阻力的模型试验和理论计算”, 《中国造船》, 1965年3期。
- [2] J. T. Everst, “Some Research on the Hydrodynamics of Catamarans and Multi-hulled Vessel in Calm Water”, Trans. N. E. C. I. E. S. 1968. 5, Vol. 84, № 5.
- [3] 沈玉林、宋国华, “船型系数对双体船阻力的影响”, 《舰船科学技术》, 1984年8期。
- [4] 林宗熊, “双体船船型及阻力特性”, 会议资料, 1981年9月。
- [5] 沈玉林、陈宝康, “高速双体船阻力性能探索”, 1979年9月, 会议资料。
- [6] 长江船舶设计院, “双体船的设计与计算”, 《船舶设计技术交流》, 1973年。
- [7] M. Я. 阿尔费里耶夫等著, “内河双体运输船”, 人民交通出版社, 1980年1月。
- [8] 中山大学船池, 双体船阻力试验报告 I—IV, 1979~1985年。

CONTENTS

On the Analysis of the Tank Wall and Bottom Effect

.....*Sheng Guonguang and Li Dejun* (3)

Based on the principle of images, this article introduces a calculating method for the velocity, pressure field and added mass about an arbitrary 3-dimensional body in the steady potential flow, in which five cases such as the wall, bottom and surface free (zero Froude-number), etc. are considered.

In this paper, the calculated results of the examples for a sphere and a spheroid are consistent with the data which can be found in some references.

A Method for Estimating the Resistance of Catamaran

.....*Huang Wulin and Zhang Surong* (13)

This paper analyses the model test results of some conventional catamarans, and gives graphically the relationship between interference resistance fraction K_r and separation ratio K/b ; Froude-number F_n and prismatic coefficient C_p ; and the relationship between residual resistance coefficient C_{r0} and F_n or C_p . These graphs can be used for estimating the resistance of catamaran at the stage of preliminary design.

Predicting the Face Erosion of High Speed Craft Propeller in Oblique

Flow.....*Zhang Jimeng* (18)

This paper gives a semi-experimental method for predicting the face erosion of high speed craft propeller. The method utilizes the cavitation boundary area from propeller model cavitation tests in axial flow.

The paper also presents a calculation method and four examples of full-scale test results to examine the reliability of the method.

Real Time Simulation and Wave Spectrum Analysis for Random Sea Wave of Long-crested Wave

.....*Jin Hongzhang* (24)

A method of real time simulation of long-crested wave is put up in this paper. It can be used to research the ship's performance and its control system. By using this method, various wave spectra, including PM spectrum and Chinese wave spectrum, may be simulated. The Fourier analysis of simulating output is done by means of FFT in order to com-