

双体船的总体性能设计(续 2)

宋国华

6 双体船阻力估算

双体船阻力分成片体阻力和片体间干扰阻力两部分。由于片体间干扰阻力反映在剩余阻力上,而片体间水流加快导致摩擦阻力的变化忽略不计,这样,双体船阻力估算可以像单体船一样,分为摩擦阻力、剩余阻力和空气阻力。下面介绍估算方法。

6.1 参考文献[11]为内河双体船的阻力计算,它的标准片体线型见图 46。

计算参数:片体相对间距比 $\bar{C} = \frac{c}{2b}$

c —在吃水 T 时两片体舭横剖面处内侧舷之间的距离 (m)

b —在吃水 T 时片体舭横剖面处的宽度 (m)

雷诺数 $R_e = \frac{V \cdot L}{\nu}$

L —在吃水 T 时船舶水线长度 (m)

v —船速 (m/s)

ν —在某水温下的运动粘性系数 (m²/s)

排水体积佛氏数 $F_{r\Delta} = F_n \frac{L}{\Delta^{1/3}}$

$F_n = \frac{V}{gL}$ 佛氏数, $F_n = 0.5$ 为临界速度点

Δ —在吃水 T 时的双体船排水体积 (m³)

计算公式及图表

总阻力系数 $C_t = (C_f + \Delta C_f) + C_R + C_1 + C_2$

总阻力 $R = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2$

其中,摩擦阻力系数 $C_f = \frac{0.455}{(\log R_e)^{2.58}}$

粗糙度补贴 $\Delta C_f = (0.3 \sim 0.7) \times 10^{-3}$ 对高速船和较大的船取小值。

空气及附体阻力系数 $C_1 + C_2 = (0.1 \sim 0.15) \times 10^{-3}$

剩余阻力系数:

(1) $C_R = C_R^{L/b} \cdot x_{b/T} \cdot x_{cb}$ 本公式用于 $F_n < 0.5$ 的深水内河双体船。 $C_R^{L/b}$ 、 $x_{b/T}$ 、 x_{cb} 由图 41、42、47、48、49、50、51、52 确定。

(2) $C_R = C_R^{L/b} \cdot x_{b/T} \cdot x_{cb} \cdot k_e$ 本公式用于 $F_n > 0.5$ 的深水内河双体船。 $C_R^{L/b}$ 、 $x_{b/T}$ 、 x_{cb} 由图 43、44、

45、53、54、55、56、57、58 确定。

$k_e = \frac{C_R}{C_{R0}} = \frac{\text{实船的内侧间距比 } \bar{C} \text{ 时的剩余阻力值}}{\text{计算时采用的图谱内侧面间距比 } \bar{C} \text{ 时的剩余阻力值}}$
由图 59 确定

例如: $F_n = 0.71$, 实船 $\bar{C} = 0.575$, 计算采用图谱 $\bar{C} = 0.5$

查图 59, 分别为 $C_R = 1.24$, $C_{R0} = 1.315$

所以 $k_e = \frac{1.24}{1.315} = 0.943$

例题 1. 计算低于临界航速区域航行的双体船运动阻力, 该船要素如下:

片体计算船长 $L = 78.0 \text{ m}$

片体计算船宽 $b = 4.5 \text{ m}$

排水量为 846 t 时吃水 $T = 2.32 \text{ m}$

方形系数 $C_b = 0.531$

相对内侧间距 $\bar{C} = 0.775$

片体内侧间距 $C = 7.0 \text{ m}$

两个片体的湿表面积 $S = 998.4 \text{ m}^2$

片体相对船长 $L/b = 17.3$

片体相对船宽 $b/T = 1.94$

在计算时, 利用了 L/b 组图表(见图 42)、参数 b/T 的影响系数图表(见图 48)和参数 C_b 的影响系数图表(见图 52)。

将运动阻力的计算列成表 8, 此时, 湿表面的粗糙度附加取为

$\Delta C_f = 0.3 \times 10^{-3}$ 。考虑附体阻力系数, 取 $\Delta C_f + C_1 + C_2 = 0.45 \times 10^{-3}$ 。按表 8 的计算资料给出双体客船在深静水中低于临界航速区域内运动时的 R 、 R_R 、 R_f 、 k_W 曲线(图 39)。由这些阻力曲线可知, 片体内侧间距和相对船长 L/b 大的双体船, 在航速为 27 km/h 时, 剩余阻力是摩擦阻力的 14%, 而摩擦阻力是总阻力的 82%, 这表明船的兴波小。

例题 2. 计算在高于临界航速区域内航行的双体船运动阻力, 该船要素如下:

片体计算船长 $L = 41.0 \text{ m}$

片体计算船宽 $b = 2.30 \text{ m}$

排水量为 75.4 t 时吃水 $T = 0.82 \text{ m}$

方形系数 $C_b = 0.487$

片体内侧间距 $C = 3.35 \text{ m}$

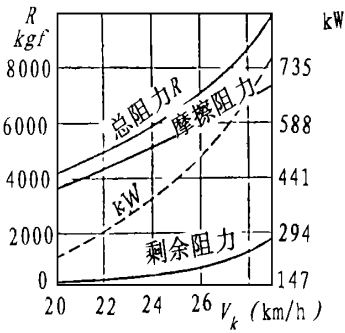


图 39 双体客船在低于 临界航速区
域内的深水运动阻力特性

相对内侧间距 $\bar{C} = 0.73 \text{ m}$
两个片体的湿表面积 $S = 215 \text{ m}^2$
片体相对船长 $L/b = 17.8$
片体相对船宽 $b/T = 2.80$

在计算时, 利用了 L/b 组图表(见图 44)、参数 b/T 的影响系数图表(见图 54)。此外, 还按图 59 的图表和公式确定片体内侧间距影响系数 K_e 。

应当指出, 在所采用的一系列参数中, 双体船与单体排水量船一样, 参数 b/T 对剩余阻力的影响系数曲线有其独特性。在高于临界船速的区域内, 这一点应予以特别指出: $X_{b/T}$ 系数曲线在片体相对船宽 b/T 加大时有急剧减少的特性。

表 8

数值	佛 氏 数								
	0. 21	0. 23	0. 24	0. 25	0. 26	0. 27	0. 28	0. 29	0. 30
$U \text{ m/s}$	5. 80	6. 36	6. 64	6. 91	7. 19	7. 46	7. 75	8. 01	8. 30
$C_R^{1/b} \times 10^{-3}$	0. 185	0. 210	0. 225	0. 240	0. 260	0. 285	0. 315	0. 365	0. 410
$X_{b/T}$	0. 810	0. 857	0. 870	0. 932	0. 992	1. 077	1. 230	1. 560	1. 615
$X_{cb} \text{ kgf}$	1. 018	1. 018	1. 018	1. 020	1. 023	1. 023	1. 023	1. 023	1. 023
C_R	0. 152	0. 183	0. 199	0. 228	0. 264	0. 314	0. 396	0. 583	0. 676
R_R	260	378	446	554	694	890	1210	1905	2370
$R_e \times 10^{-3}$	2. 88	3. 16	3. 30	3. 44	3. 56	3. 71	3. 85	3. 98	4. 12
$C_f \times 10^{-3}$	1. 844	1. 820	1. 809	1. 800	1. 790	1. 780	1. 772	1. 764	1. 760
$\Delta C_f + C_f + C_1 + C_2$	2. 294	2. 270	2. 259	2. 250	2. 240	2. 230	2. 222	2. 214	2. 210
$R_f \text{ kgf}$	3920	4680	5050	5460	5880	6325	6790	7250	7750
$C_t \times 10^{-3}$	2. 596	2. 603	2. 608	2. 628	2. 654	2. 694	2. 768	2. 947	3. 036
$R \text{ kgf}$	4440	5360	5850	6400	6950	7640	8450	9640	10600
$U_k \text{ km/h}$	20. 9	22. 9	23. 9	24. 9	25. 9	26. 9	27. 9	28. 9	29. 9
kW	253	335	381	434	490	559	643	757	864

表 9

数值	佛 氏 数								
	0. 53	0. 55	0. 58	0. 60	0. 63	0. 65	0. 68	0. 70	0. 72
$U \text{ m/s}$	10. 63	11. 03	11. 63	12. 02	12. 63	13. 03	13. 63	14. 03	14. 43
$C_R^{1/b} \times 10^{-3}$	1. 155	1. 100	0. 985	0. 920	0. 843	0. 790	0. 740	0. 715	0. 690
$X_{b/T}$	1. 320	1. 312	1. 275	1. 275	1. 275	1. 282	1. 275	1. 282	1. 265
$X_{cb} \text{ kgf}$	1. 065	1. 057	1. 065	1. 065	1. 080	1. 085	1. 105	1. 115	1. 120
K_R	0. 992	0. 990	0. 988	0. 986	0. 982	0. 980	0. 908	0. 980	0. 975
$C_R \times 10^{-3}$	1. 615	1. 514	1. 320	1. 232	1. 140	1. 074	1. 023	1. 000	0. 950
$R_R \text{ kgf}$	2000	2010	1955	1950	1987	1996	2073	2160	2167
$R_e \times 10^{-3}$	2. 77	2. 88	3. 03	3. 14	3. 30	3. 40	3. 56	3. 66	3. 77
$C_f \times 10^{-3}$	1. 854	1. 845	1. 830	1. 820	1. 808	1. 800	1. 790	1. 783	1. 775
$\Delta C_f + C_f + C_1 + C_2$	2. 154	2. 145	2. 130	2. 120	2. 108	2. 100	2. 090	2. 083	2. 075
$R_f \text{ kgf}$	2670	2840	3150	3355	3680	3900	4240	4500	4730
$C_t \times 10^{-3}$	3. 919	3. 809	3. 600	3. 502	3. 398	3. 324	3. 263	3. 233	3. 175
$R \text{ kgf}$	4860	5050	5330	5550	5930	6180	6630	6980	7240
$U_k \text{ km/h}$	38. 25	39. 70	41. 80	43. 30	45. 50	46. 90	49. 10	50. 50	51. 90
kW	506	546	608	654	734	789	882	961	1023

6.2 参考文献[15] 介绍了高速双体船模型试验。它们的横剖面和艏艉轮廓图及其试验结果均表示在附件 、附件 、附件 和附件 (附件不随文

刊登; 若需要可与作者联系)。其中附件 是圆舦线型高速双体船的不同排水体积长度对阻力影响。

根据国外实船统计资料, 高速双体船范围 L/b

= 8~12, $K/b=2$ 附近。为此, 在 250 客高速双体船试验资料上进行数据整理, 绘制成图 40(a) (b), 可供初估圆艏线型和混合线型高速双体船剩余阻力时

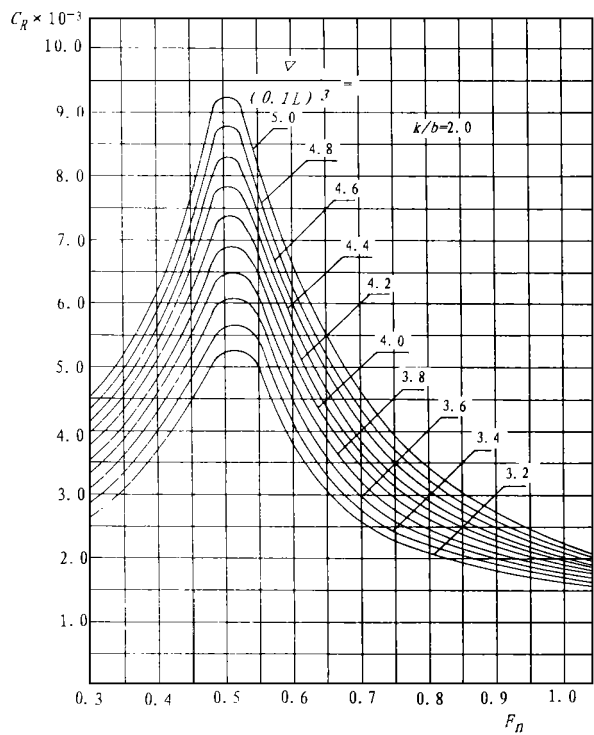


图 40 (a)

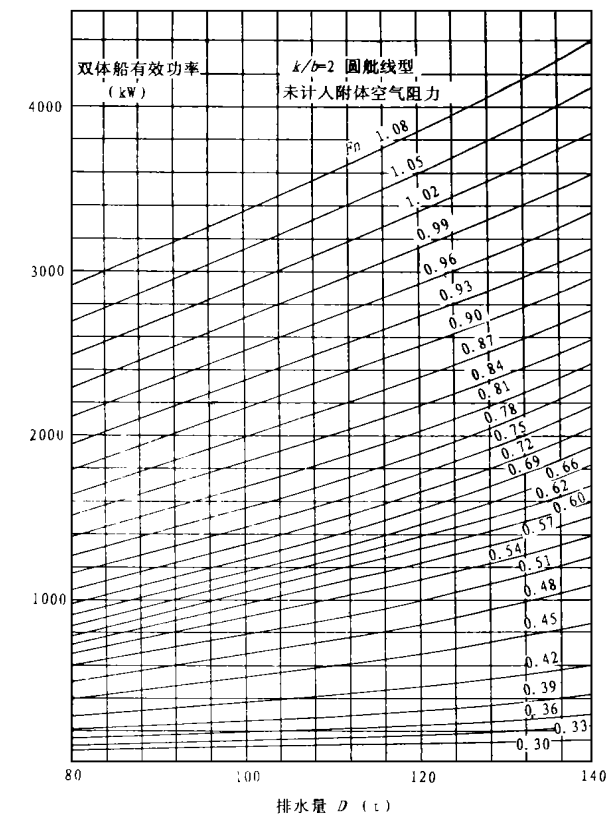


图 40 (b)

参考。
6.3 蒋慰昌教授所做的双体船模型试验结果, 由图 13 直接查出由波系干扰产生的附加阻力百分数, 对其他棱形系数双体船需按相当 F_n^0 概念, 从图上查取附加阻力的百分数。

相当 $F_n^0 = F_n + 1/2(C_{p0} - C_p)$

式中 F_n^0 —相当佛氏数

F_n —设计选用的佛氏数

C_p —设计船的棱形系数

$C_{p0} = 0.645$

该船模主尺度及横剖面形状

L	2.25 m	C_b	0.611	L/b	8.18
b	0.275 m	C_m	0.95	b/T	1.67
T	0.165 m	C_p	0.645		
∇	0.0625m	C_w	0.806		

应当指出, 双体船运动阻力的近似计算方法按片体船型主要参数各自对剩余阻力起单独影响的原则来处理的, 排水量型单体船就是以这一点作为剩余阻力计算基础。设计船近似计算的精确度与标准船线型有很大关系。若设计船线型和船型参数跟标准线型相近, 则计算精确度就高。因此, 在设计船时选择适当的母型船为参考, 是一个好措施。目前, 我国有关双体船的试验资料亦有一定数量。

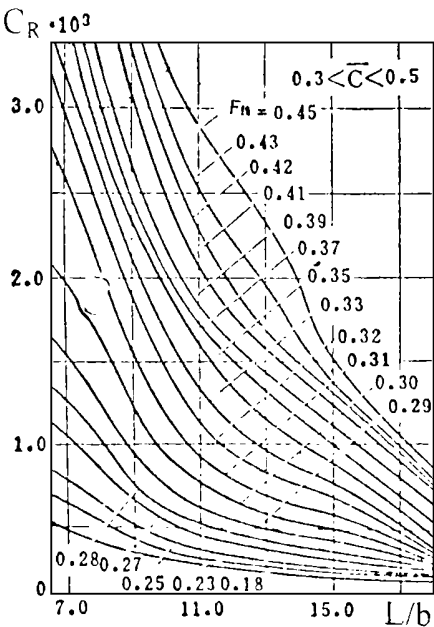


图 41 计算双体船剩余阻力的 (L/b) 组图表
(当 $0.3 < \bar{C} < 0.5$, 在深水中, 低于临界航速区域时)

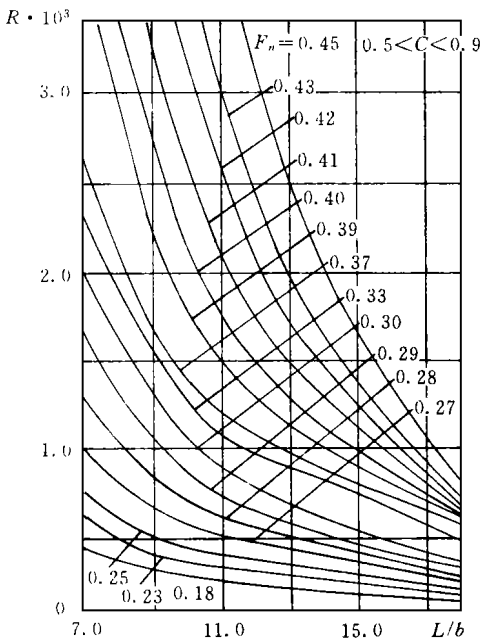


图 42 计算双体船剩余阻力的 L/b 组图表
(当 $0.5 < \bar{C} < 0.9$, 在深水中, 低于临界航速的区域)

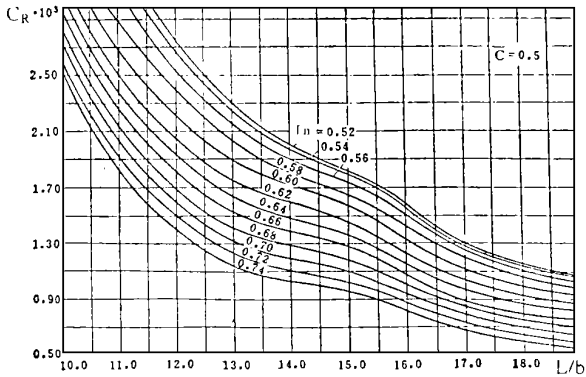


图 43 计算双体船剩余阻力的 L/b 组图表
(当 $\bar{C} = 0.5$, 在深水中, 高于临界航速区域)

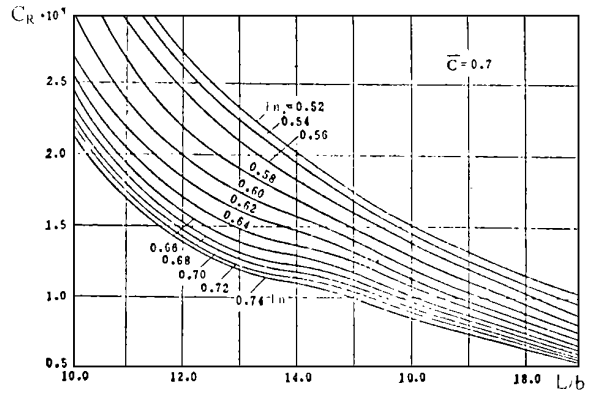
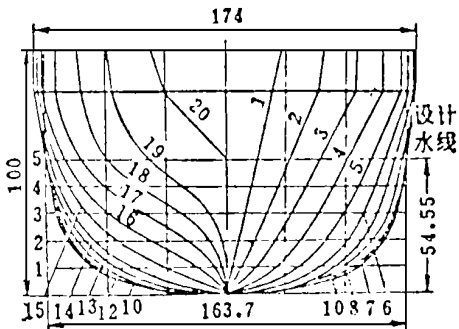


图 44 计算双体船剩余阻力的 L/b 组图表
(当 $\bar{C} = 0.7$, 在深水中, 高于临界航速区域)

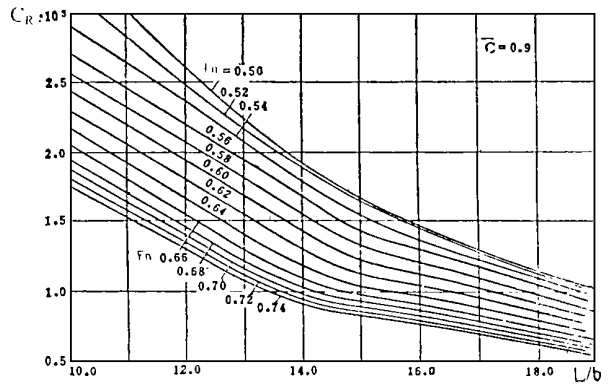


图 45 计算双体船剩余阻力的 L/b 组图表
(当 $\bar{C} = 0.9$, 在深水中, 高于临界航速区域)

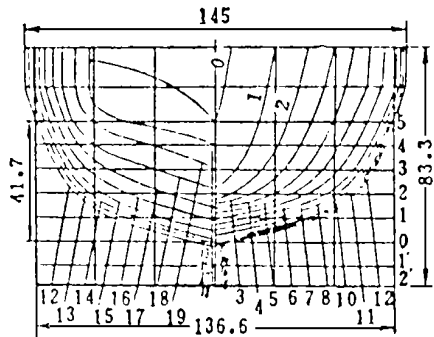


图 46 标准船模片体线型图

($L/b = 11$, $b/T = 3.0$, $C_b = 0.525$,
低于临界航速区域)

($L/b = 15$, $b/T = 3.275$, $C_b = 0.470$,
高于临界航速区域)

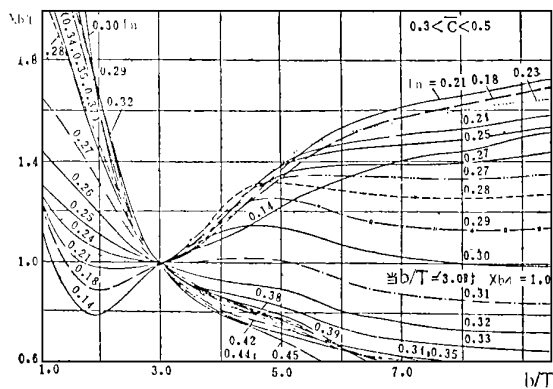


图 47 b/T 对双体船剩余阻力的影响图表
(当 $0.3 < \bar{C} < 0.5$, 在低于临界航速的区域内)

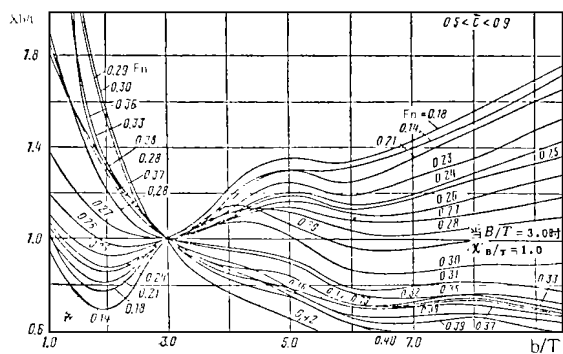


图 48 b/T 对双体船剩余阻力的影响图表
(当 $0.5 < \bar{C} < 0.9$, 在低于临界航速的区域内)

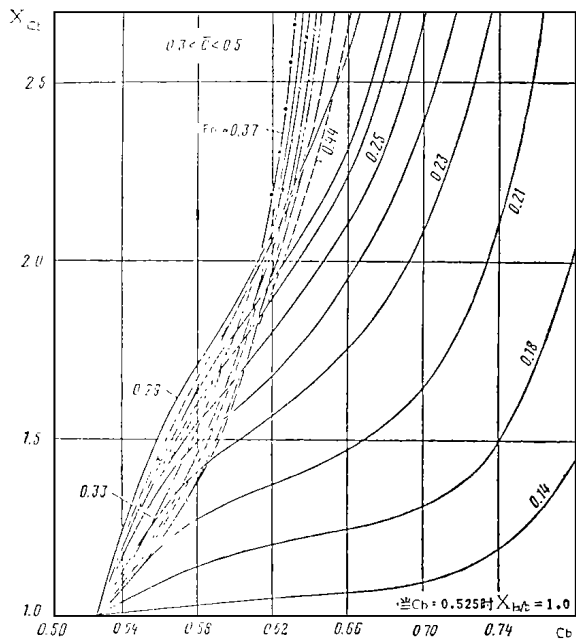


图 49 C_b 对双体船剩余阻力的影响图表
(当 $0.3 < \bar{C} < 0.5$ 和 $L/b < 15$ 时, 在低于临界航速的区域内)

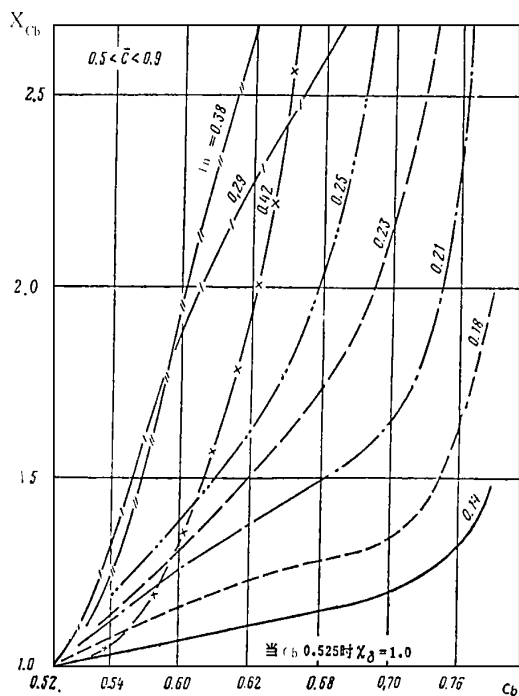


图 50 C_b 对双体船剩余阻力的影响图表
(当 $0.5 < \bar{C} < 0.9$ 和 $L/b < 15$ 时, 在低于临界航速的区域内)

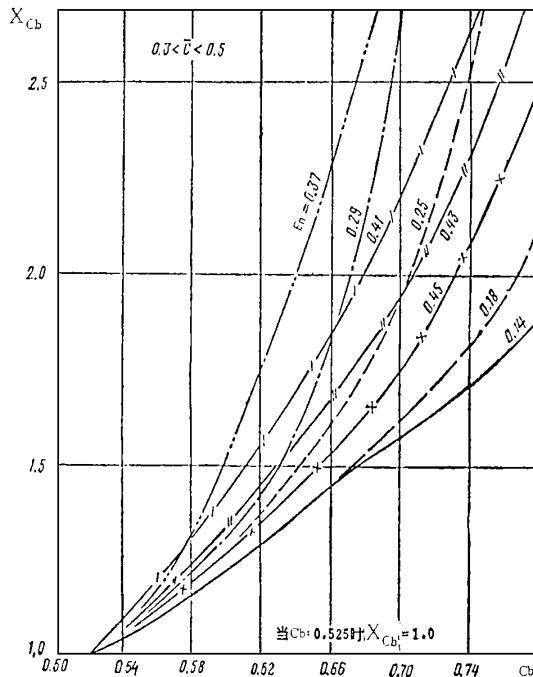


图 51 C_b 对双体船剩余阻力的影响图表
(当 $0.3 < \bar{C} < 0.5$ 和 $L/b > 15$ 时, 在低于临界航速的区域内)

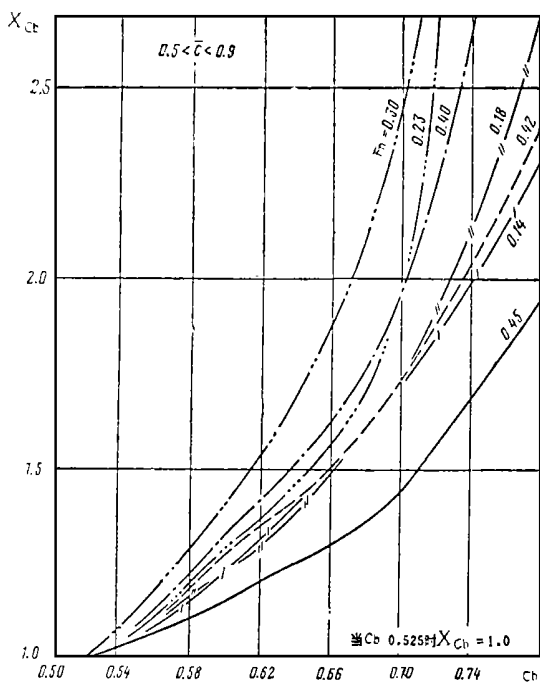


图 52 C_b 对双体船剩余阻力的影响图表
(当 $0.5 < \bar{C} < 0.9$ 和 $L/b > 15$ 时, 在低于临界航速的区域内)

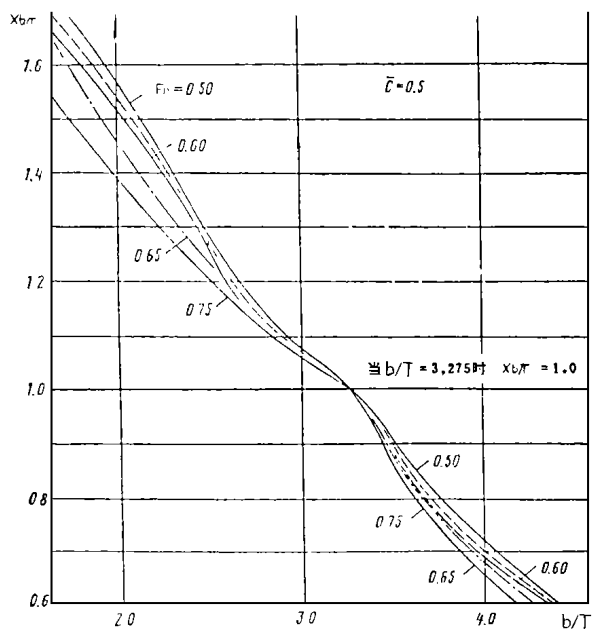


图 54 b/T 对双体船剩余阻力的影响图表
($\bar{C} = 0.7$, 在高于临界航速的区域内)

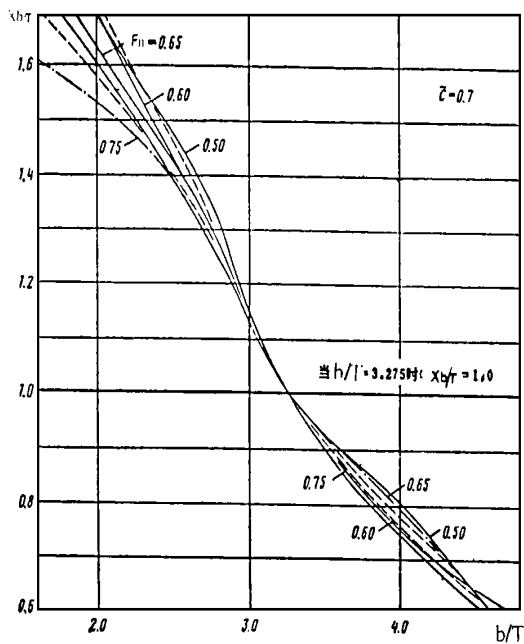


图 53 b/T 对双体船剩余阻力的影响图表
($\bar{C} = 0.5$, 在高于临界航速的区域内)

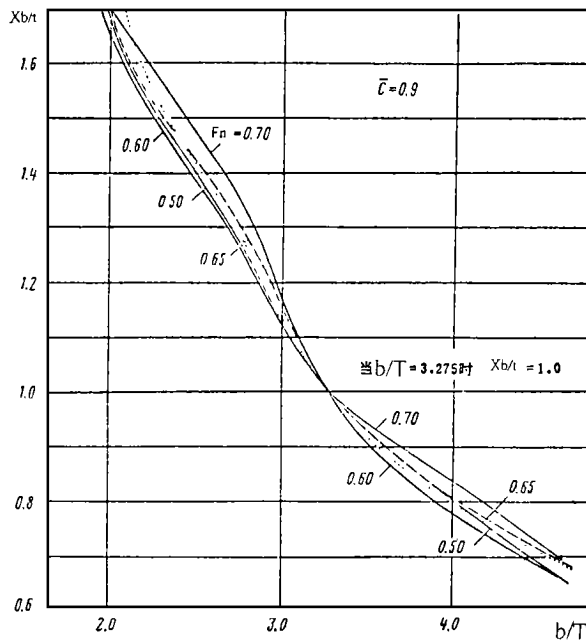


图 55 b/T 对双体船剩余阻力的影响图表
($\bar{C} = 0.9$, 在高于临界航速的区域内)

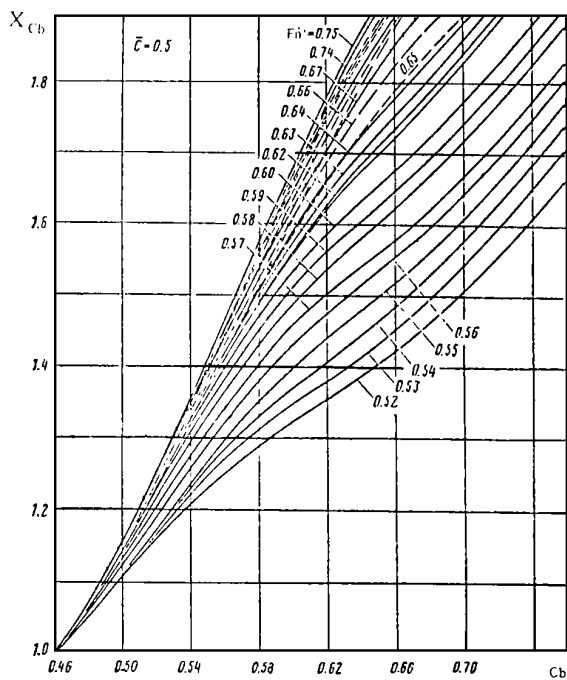


图 56 C_b 对双体船剩余阻力的影响图表
($\bar{C} = 0.5$, 高于临界航速的区域)

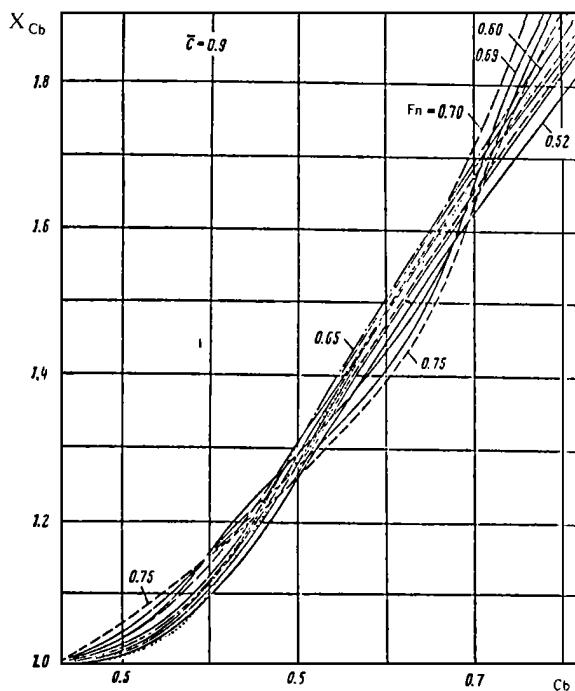


图 58 C_b 对双体船剩余阻力的影响图表
($\bar{C} = 0.9$, 在高于临界航速区域内)

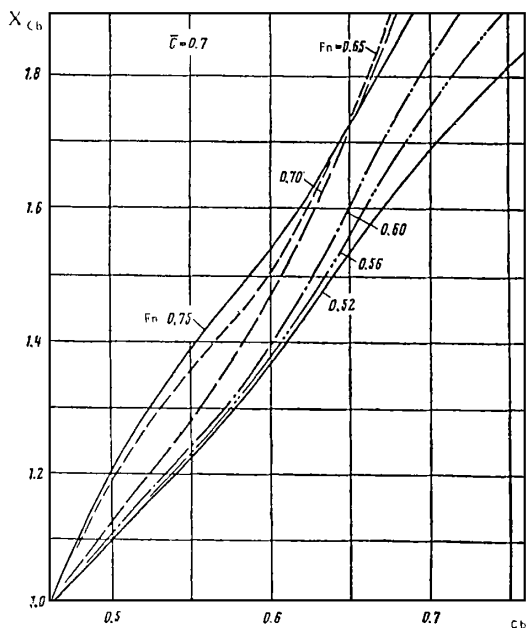


图 57 C_b 对双体船剩余阻力的影响图表
($\bar{C} = 0.7$, 高于临界航速的区域)

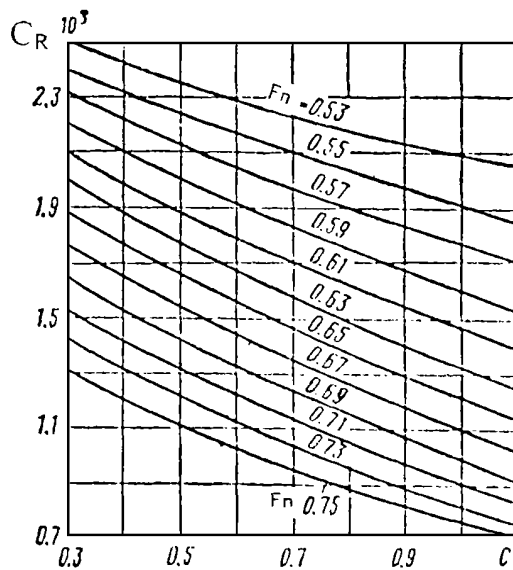


图 59 片体内侧间距对双体船剩余阻力的影响图表
($L/b = 11 \sim 19$, $b/T = 1.8 \sim 4.8$, $C_b = 0.5 \sim 0.7$, 在高于临界航速区域内)

6.4 参考文献[26]介绍了深V型双体船的阻力性能,它能结合喷水推进技术对线型的特殊要求,提出适应更高航速要求的双体船。试验结果变换为 $C_r - \frac{\nabla}{(0.1L)^3} - F_n$ 曲线图谱(见图60)。

船型特征	
单折角方案	
L/b	12.28
T	1.05
$\nabla/(0.1L)^3$	1.151×2
舳剖面底升角	30°
尾板底升角	30°
特征	从尾封板至舳部具有同一横剖面形状和尺寸

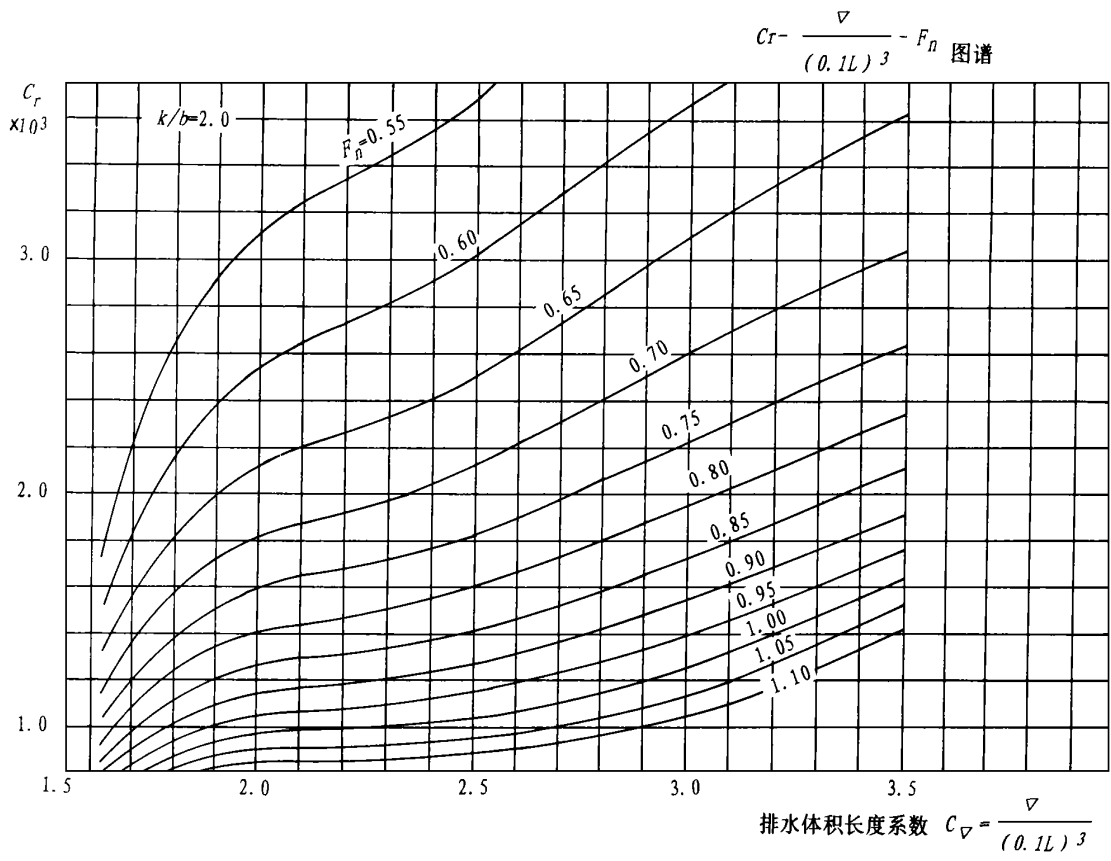
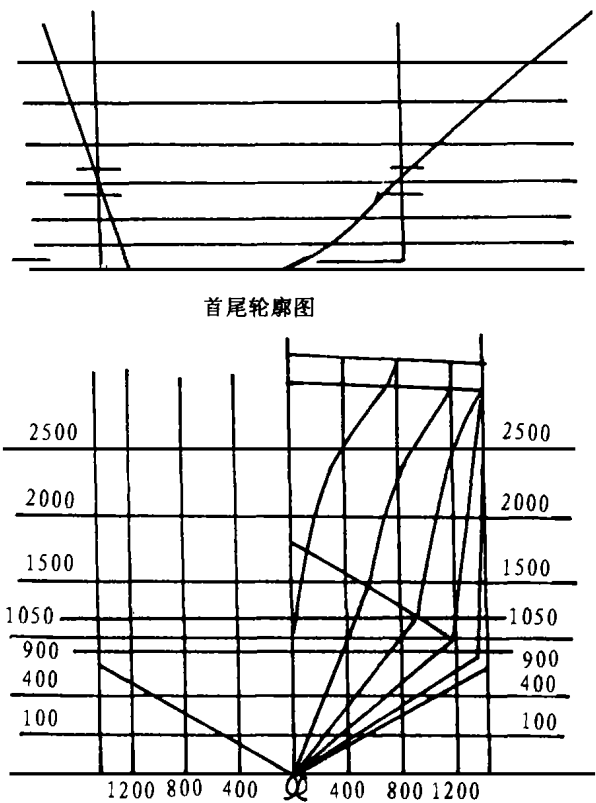


图 60

参考文献

1 Michel. W. H. The Sea-going catamaran ship, its features and its feasibility. I. S. P. 1961, vol 8, No. 85

2 E. C. B. corlett MA. ph. D. Twin hull ships. RINA, 1969. Y01. 111. No. 4

3 潘伟文. 双体内河客船是一种值得发展的船型, 上海交通大学船舶及海洋工程研究所

4 International symposium on practical design in shipbuilding, PRADS, oct. 1977. paper NoB- 25, p401- 403

5 с. г. ермолаев э. А. Афрамов, особенности гидродинамики острогхдных КАТАМАРАНОВ. 《удостроение》, 1976. No. 8

6 и. м. оменов. двухкорпусный траулер-сейнер эксперимент. 《удостроение》, 1970. No. 1

7 华善生. 双体船模型摇摆试验. 708 所, 1966, No. 020

8 练涂. 双体船型评述. 《工程船舶译丛》, 第五辑

9 В. А. ДУБРОВСКИЙ. ходкость морских двухкорпусных судов. 《удостроение》, 1976, No. 8

10 Technical and operational characteristics of high performance watercraft. February, 1975

11 ю. с. крючков, В. N. ЛАПИН, иаруныя КАТАМАРАНЫ. 《удпромте》, 1963

12 В. 特卡契夫. 船舶阻力. 科学出版社, 1977 年

13 蒋慰昌. 双体船阻力的模型试验和理论计算. 中国造船, 1965 年第 59 期

14 金平仲, 苏拔英. 圆舢快艇主要尺度系数对静水阻力的影响. 中国造船, 1980 年第 3 期

15 宋国华. 高速双体船的阻力性能(一)(二)(三). 船舶, 1988 年、1990 年第 3 期, 1992 年第 4 期

16 楼大福. 高速双体船阻力试验研究. 上海船舶研究设计院, 1990 年

17 катера: лдки и моторы в вопросах и ответах. 《удостроение》, 1977

18 М. Я. Али费里耶夫. транспортны катамараны внутрениого плавания, 内航双体运输船. 严爵华译, 人民交通出版社, 1980 年

19 现代高速双体船的设计和应用. 《Marine Technology》, 1972, V01. 9.

20 双胴船について

21 双体船的摇摆特征. СУДОСТРОЕНИЕ, 1972, No. 8

22 内河船舶设计手册. 长江船舶设计院. 人民交通出版社, 1977 年

23 Г. В. ШКОЛНИКОВ. экскурсионный катамаран. отдых. 《удостроение》, 1964, No. 7

24 中山大学. 双体船舶模阻力试验研究. 中山大学船模试验水池, 1981 年 5 月

25 沈玉林, 宋国华. 乙型双体交通船模试验报告. 708 研究所船模试验水池, 1980 年 5 月

26 宋国华, 都绍裘. 深 V 型高速双体船的阻力性能探讨. 708 研究所船模试验水池, 1995 年

27 Vigorous Campaign Launched for CP 20 Type High-Speed Craft. 造船 - ZOSEN》, 1976, No. 6

28 Timothy Graul. Design & application of modern high-speed catamarans. 《MARINE TECHNOLOGY》. 1972, V019

29 高速双体船模型耐波性试验. 708 研究所, M94-030, 1994. 7. 20

(完)

华南理工大学交通学院联合办学求发展

华南理工大学交通学院与广东省交通厅开展联合办学取得实效, 今年暑期, 将有 30 多名交通工程专业的毕业生毕业, 走向社会, 服务四化。

华南理工大学交通学院是在广东省交通现代化建设急需专门人才的形势下, 于 1995 年初由广东省交通厅与华南理工大学联合办学而成立的学院, 实行董事会领导下的院长负责制, 交通厅厅长等有关领导均为董事会成员, 根据联合办学的协议, 广东省交通厅和学院分别投资 7 500 万元和 2 500 万元, 用于交通学院的建设。省交通厅对交通学院办学经费不足部分给予补贴, 交通学院根据广东省对交通建设人才的急需, 开设对口急用的专业。目前, 交通学院设有交通工程、交通土建工程、海岸与海洋工程、工程力学等六个专业, 总计师生 1 100 多人。

由于联合办学, 解决了交通学院办学经费的严重不足, 改善了学院的教学条件和教师的福利待遇, 目前投资 1 000

多万元集教学、科研、实验、办公等多种功能于一体的交通教学大楼建设已接近尾声, 10 月份可望竣工投入使用, 用于改善教师住房条件的新的宿舍大楼也正在建造中。

根据广东交通建设发展所设置的各专业, 能够学以致用, 很快回报社会。几年来, 这个学院组织有关专家和教授, 对广州海珠桥、西樵山大桥、南海大桥、东莞大桥等桥梁进行检测, 对广州黄沙隧道, 广州市内环路等工程的初步设计进行评审, 完成了广珠高速公路流量统计及分析, 宜昌三峡机场候机楼和航管楼空调系统的设计与安装等, 他们还为社会提供玻璃钢、铝合金钢及其他特种船用材料的检测和试验等多项技术服务, 设计先进, 在华南地区屈指可数的“船舶与海洋模型试验水池”已投入使用。教学科研成果也取得了令人欣喜的成就。据不完全统计: 科研项目获国家级奖励的 13 项, 省部级奖励的 38 项, 出版教材专著 30 多种, 在国内外学术会议上发表论文 300 多篇。

(张远平供稿)