

文章编号:1006-2467(2004)11-1885-04

高速三体船型概念设计研究

李培勇¹, 裘泳铭², 顾敏童²

(1. 武汉理工大学 交通学院, 武汉 430063; 2. 上海交通大学 船舶海洋与建筑工程学院, 上海 200030)

摘 要: 针对一型三体缉私艇为实例完成了高速三体船型的概念设计, 并进行了相关的模型试验. 对三体船的设计方法进行了探讨, 提出三体船型的设计应分为主体主尺度要素设计和侧体布局设计, 对开发三体船型具有指导意义. 设计结果显示, 高速三体船船型方案具有较好的快速性和横摇性能, 稳性满足规范的要求, 可以提供较大的甲板空间.

关键词: 高速三体船; 船舶设计; 船舶性能; 完整稳性; 阻力; 横摇

中图分类号: U 674.951 **文献标识码:** A

Research of Conceptual Design for Fast Trimaran

LI Pei-yong¹, QIU Yong-ming², GU Min-tong²

(1. School of Transportation, Wuhan Univ. of Technology, Wuhan 430063, China;

2. School of Naval Architecture, Ocean and Civil Eng., Shanghai Jiaotong Univ., Shanghai 200030)

Abstract: This paper presented the conceptual design of a high-speed trimaran based on the research work conducted for the design and the hydrodynamic performance of the high-speed trimaran. The results show that the trimaran vessel needs low powering requirements at high speed and can offer large deck areas and good performance in the roll motion. The stability can satisfy the regulation of IMO. The study suggests that the design can be divided into two parts, the first is to determine the principle characteristics of main hull and the second, the determination for the side hull location. The conclusion of the work is useful for the research and design of trimaran.

Key words: fast trimaran; ship design; ship performance; intact stability; resistance; roll

近年来,多体船型引起广泛关注,其中有一种由超细长的主船体和两侧弦外小排水量超细长侧体构成的特殊三体船型^[1,2],由于它性能优良,在军、民用方面都有广阔的应用前景.笔者对这种三体船型的性能开展了理论和模型试验研究,并在此基础上进行了实船概念设计研究^[3].本文以三体缉私艇为对象完成了高速三体船型的概念设计,进行了相关的模型试验.并对以侧体布局设计为重要特征三体船型设计方法进行了探讨.分析计算了其完整稳性、快速性、耐波性.

1 高速三体船设计

研究对象是一型高速三体缉私艇,排水量约为 150 t,装载状态变化不大,定员 24 人.稳性需满足规范对近海航区的要求.船体(主体和侧体)和连接桥结构均采用钢质材料,甲板室、驾驶室结构采用铝合金.舱室设计较为简单和灵活,主要用于我国沿海巡逻、边防检查和缉私.

本文将侧体横向布置位置 b 、纵向布置位置 l (如图 1 所示)和侧体排水量 Δ_s 占全船排水量的百

收稿日期:2003-09-24

作者简介:李培勇(1971-),男,福建泉州市人,工学博士,主要从事高性能船舶开发、船舶先进制造技术研究.电话(Tel.):027-86551193; E-mail:PeiyongLee@yahoo.com.

分比通称为侧体布局要素;侧体布局要素对多体船性能的影响称为布局问题. 布局设计是三体船型设计的一项重要内容.

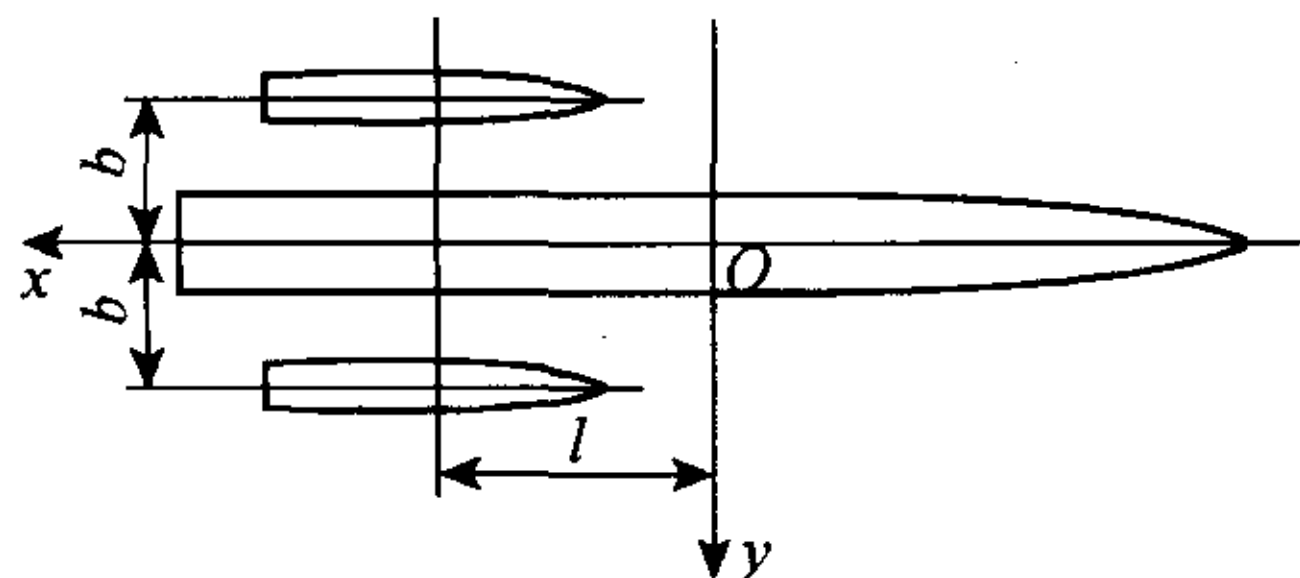


图1 三体船的坐标系

Fig. 1 Coordinate definition of a trimaran

1.1 主体尺度要素的确定

在进行三体船型设计时,首先确定主体的尺度要素,主要考虑快速性和经济性,暂不考虑稳性的要求,并初步确定侧体主要参数;其次确定侧体的布置位置,主要考虑稳性、横摇性能以及甲板布置面积等方面. 在确定主体主尺度要素时,还应考虑的主要因素有:① 主体的型宽应满足机舱布置时主机及其他机械设备的布置要求;② 型深除了应满足规范对干舷和最小船首高度的要求,同时要保证连接桥距离水面有一定的高度,以减小拍击.

经过分析,本文初定主体吃水为 1.8 m,型深为 3.7 m. 根据有关资料^[1,2],其主体的长宽比 L/B 为 12.5~18.3,多数为 13.5~14.5;方形系数 C_b 大致为 0.4~0.6,大多为 0.40~0.55;单个侧体的排水量占全船排水量的 3.1%~7.7%. 根据本艇设计要求, L/B 以间隔 1.5 在 12.5~17.0 取值, C_b 以间隔 0.03 在 0.40~0.52 取值,为粗网格,从而得到 4×5 共 20 个方案. 在对各个方案进行比较时,主要针对两个指标:① 航速,在相同的装机功率下,比较各方案的快速性;② 空船重量,由于比较时假定各方案的装机功率相同、舾装设备相同,故空船重量体现了船舶建造的经济性.

计算时侧体的排水量初定为主体的 3.3%. 经初步计算, $C_b=0.40\sim0.43$ 、 $L/B=13.5\sim15.5$,空船重量和航速指标较好. 在上述范围内缩小取值间隔,取 $L/B=13.5, 14.5, 15.5$, $C_b=0.4, 0.415, 0.430$,为细网格. 从这 9 个方案中选一个或几个最合适的方案,作为缉私艇方案设计的依据. 在确定方案时,有关计算采用如下方法:

(1) 有效功率计算. 在方案设计确定尺度阶段,尚未进行型线设计,因此采用 Series64 船模试验资料^[4]估算主体和侧体的阻力,将主体和两个侧体的阻力之和作为三体船的总阻力,螺旋桨设计采用高恩图谱.

(2) 空船重量估算. 本艇上甲板以下的船体结构(包括主体和侧体)采用钢结构,上层建筑为铝合金结构. 钢料重量和铝合金材料重量根据相关资料进行估算,机电设备和舾装设备的重量按实船资料估算得到.

(3) 载重量计算. 包括燃油、淡水、人员、行李重量等,按设计任务书的要求计算.

根据 9 个方案的计算结果,综合考虑其他因素后确定三体船缉私艇的主体和侧体要素见表 1. 表中: L_{WL} 为水线间长; B 为设计水线宽; d 为吃水高度; Δ 为排水量.

表1 三体船主体和侧体主要要素表

Tab. 1 Characteristics of the main and side hull of coastguard trimaran

	L_{WL}/m	B/m	d/m	Δ/t	C_b
主体	52.000	3.600	1.800	143.0	0.414
侧体	18.000	0.800	0.750	4.7	0.421

1.2 型线设计

该艇主体与侧体均采用圆舳线型.

1.3 布局设计

布局设计是三体船型设计的一项重要内容. 本文综合运用三体船性能研究成果,进行三体缉私艇关于布局的性能设计. 根据研究结果^[3]和模型试验资料^[5,6],侧体布局对三体船的完整稳性、快速性和耐波性主要影响为:

(1) 完整稳性. 三体船的横稳性主要受侧体的尺度(指排水量)以及布置位置(指横向布置位置)的影响,增大 Δ_s 和 b 的值对增加稳性是有利的.

(2) 快速性. 傅氏数 $Fn=0.45\sim0.70$ (相当于三体缉私艇的航速为 20~30 kn),最小阻力方案大多是侧体在横向靠中、纵向靠后的适当位置上得到. 而增大 Δ_s ,相应地增大了总的湿表面积,对快速性不利.

(3) 耐波性. 增大 b 值有利于增大三体船的横摇阻尼,对改善三体船的横摇性能效果十分显著.

由以上分析可见,侧体布局要素(b 、 l 、 Δ_s)对三体船完整稳性、快速性和横摇阻尼的影响趋势有相互矛盾的地方. 例如,为了获得较好的快速性而减小 b 值,但却降低了横稳性,减少了横摇阻尼,甚至有可能造成稳性不足、横摇周期过长等情况. 因此确定侧体布局要素时,必须综合考虑,以获取三体缉私艇的最佳性能.

综合分析之后,最终确定三体缉私艇的侧体布置位置为: $l=10.5\text{ m}$, $b=4.3\text{ m}$,此时,侧体吃水

0.75 m,排水量 $\Delta=4.7$ t,一个侧体占总排水量的 3.1%.

1.4 总布置设计

根据三体缉私艇的使用要求,总布置设计如图 2 所示.

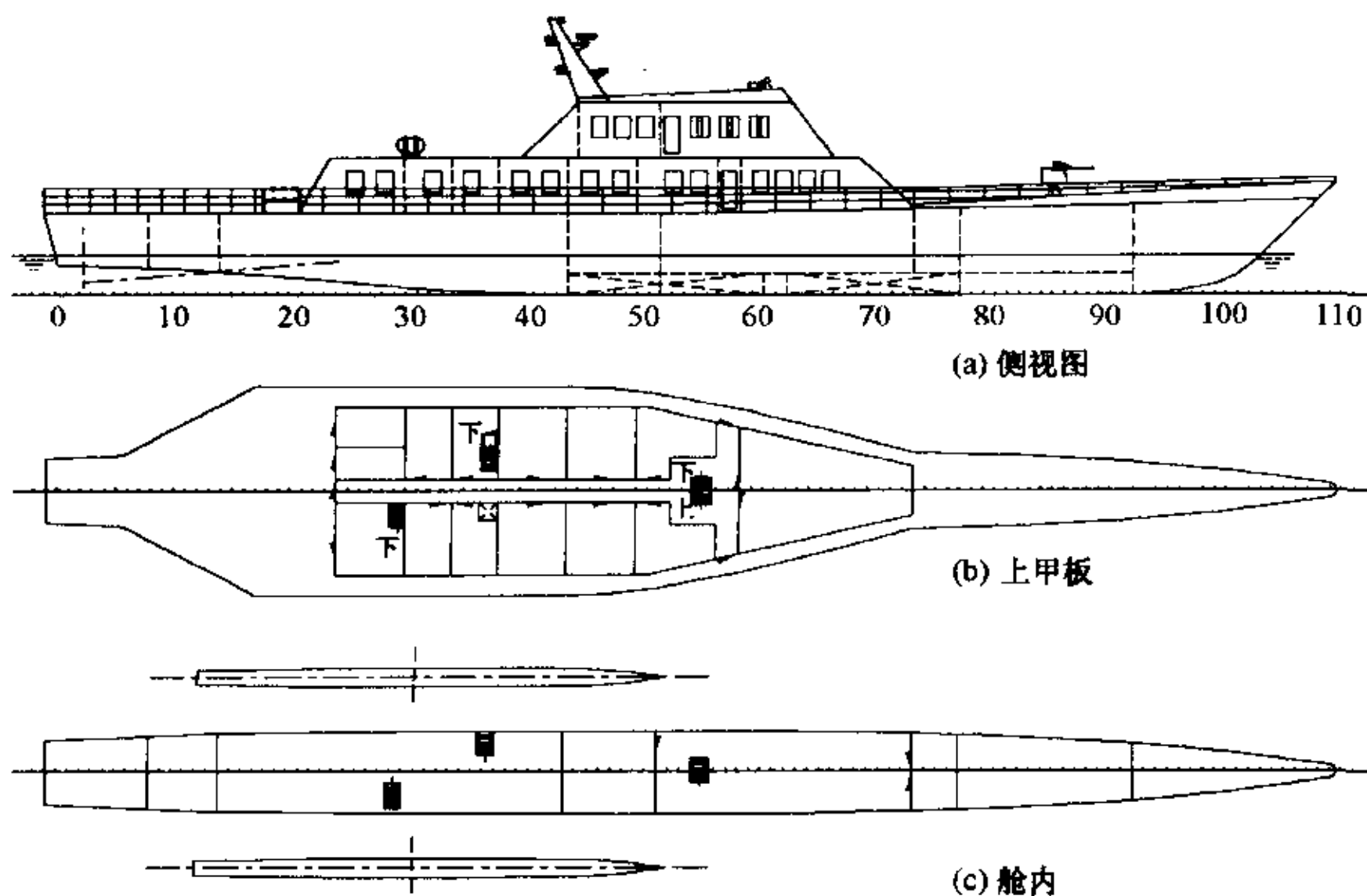


图 2 三体缉私艇总布置图

Fig. 2 General arrangement plan of coastguard trimaran

1.5 其他方面

考虑到本艇主体长宽比较大,回转性能较差,进出港和停靠码头操作不便,因此在两个侧体船尾各安装一台舵桨.

2 性能计算

2.1 完整稳性

根据总布置设计的结果估算出三体缉私艇的重心高度,采用文献[7]的计算公式和编制的程序计算出三体缉私艇的初稳性和静稳性臂 l_s ,如图 3 所示. $d=1.80$ m 时,初稳性高, $\overline{GM}=1.984$ m,校核结果(见表 2)显示,该艇稳性满足国际高速船安全规则[8]对多体船完整稳性的要求.表 2 中: ϕ_1 为 GZ_{\max} 的对应横倾角, GZ 为恢复力臂; A_1 为 GZ 曲线下的面积; A_2 为 GZ 曲线下的剩余面积; ϕ_2 为 HL_1 的对应横倾角, HL_1 为定常风倾力臂.

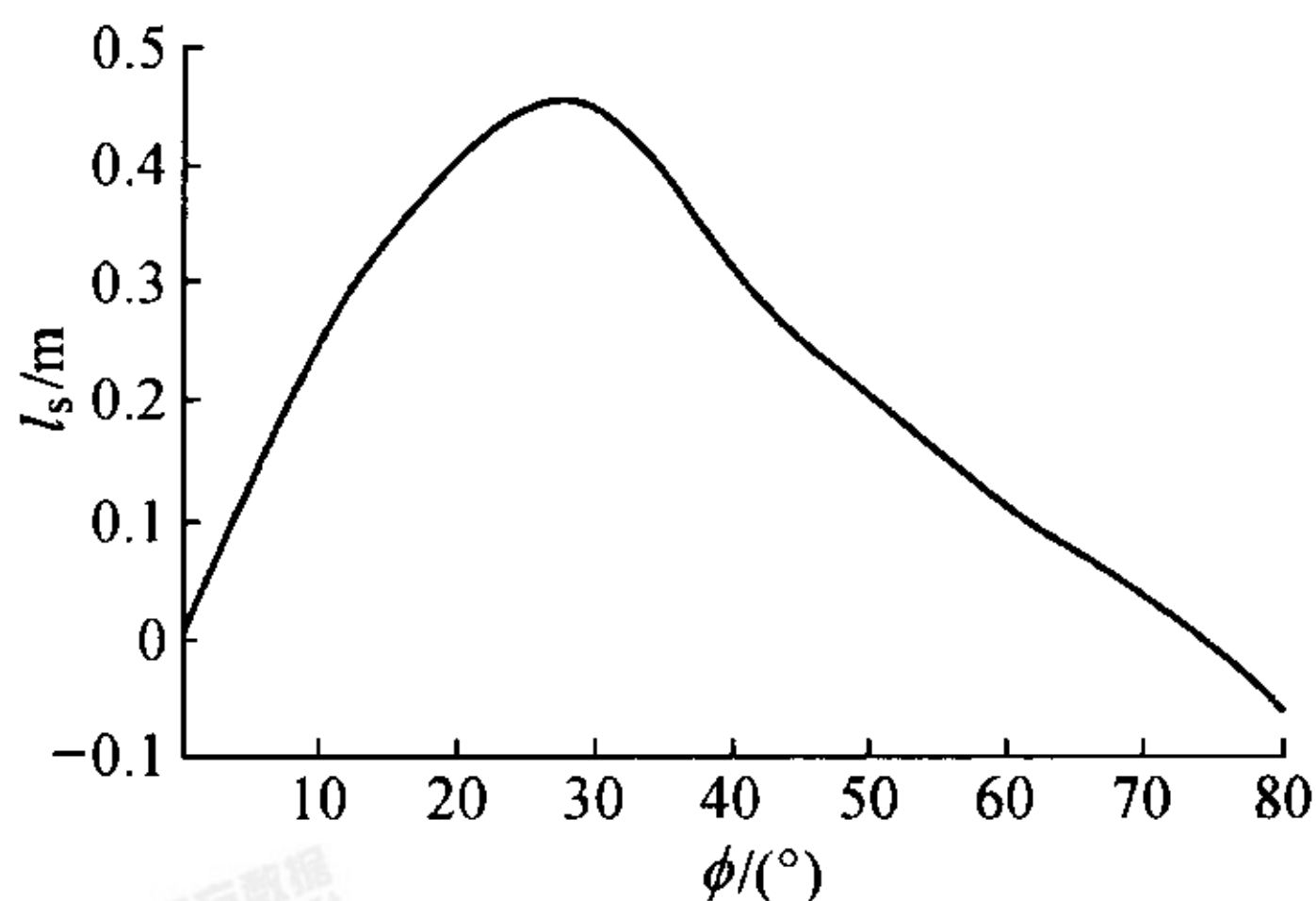


图 3 三体船复原力臂曲线

Fig. 3 Curve of the trimaran restoring arm

表 2 三体船缉私艇完整稳性

Tab. 2 Intact stability of the coastguard trimaran

项 目	本 艇	规范要求
$A_1/(\text{m} \cdot \text{rad})$	0.136	0.064
$\phi_1/(\circ)$	27.16	≥ 10
$\phi_2/(\circ)$	3.5	< 16
$A_2/(\text{m} \cdot \text{rad})$	0.039	0.028

2.2 快速性

两侧片体的引入使得三体船周围的流场变得十分复杂,三体船的阻力中也多了干扰成分.本文将三体船的阻力分为粘性阻力和兴波阻力,因此三体船阻力理论计算的关键在于考虑干扰后的兴波阻力计算,文献[3]中采用 Rankine 奇点面元法,将侧体视为升力体并引入环量来模拟侧体尾部的非对称流动,建立了求解三体船兴波阻力的基本理论和数值模型,进而计算总阻力.上述方法经船模试验[5]验证是正确和可靠的.因此本文未对三体缉私艇的最终方案进行船模阻力试验,而是采用数值方法[3]计算,同时用三体船模型系列试验的结果[5]插值计算出三体缉私艇的阻力和有效功率 P_e ,结果如图 4 所示.经螺旋桨设计,试航速度可达 29 kn.

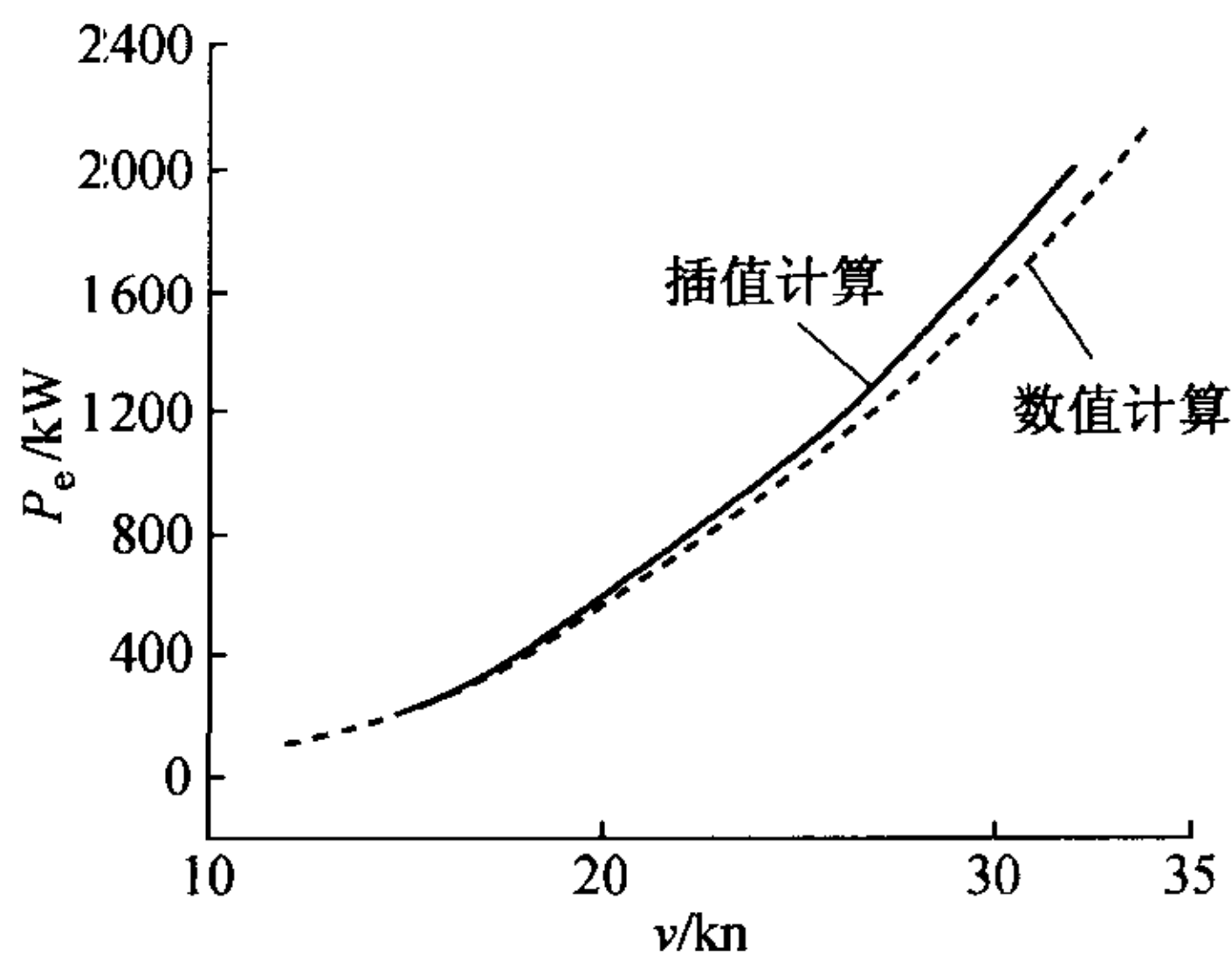


图 4 三体船有效功率曲线

Fig. 4 Effective power curve of the trimaran

2.3 耐波性

由于船舶横摇水动力的复杂性,横摇运动理论预报至今仍是耐波性理论研究中的薄弱环节,纯理论方法确定的阻尼力矩(系数)尚不能用于实际,而三体船周围流场更为复杂,增加了理论研究的难度.文献[3]中以三体船模型横摇试验为基础,采用能量法[9]研究三体船的横摇阻尼,分析横摇阻尼对横摇运动的影响并用于三体船的横摇运动特征分析和预报,经试验验证,预报的结果令人满意.因此本文未对三体缉私艇的最终方案进行船模耐波性试验,而根据三体船模型横摇试验结果[6]和文献[3]中的方法插值计算出三体缉私艇的横摇阻尼力矩系数 $\mu=$

0.071 8. 假定,有舢龙骨的三体船横摇阻尼与无舢龙骨的阻尼之差是常数,则计入舢龙骨的影响后 $\mu=0.096\ 8$,横摇放大因数曲线如图5所示.

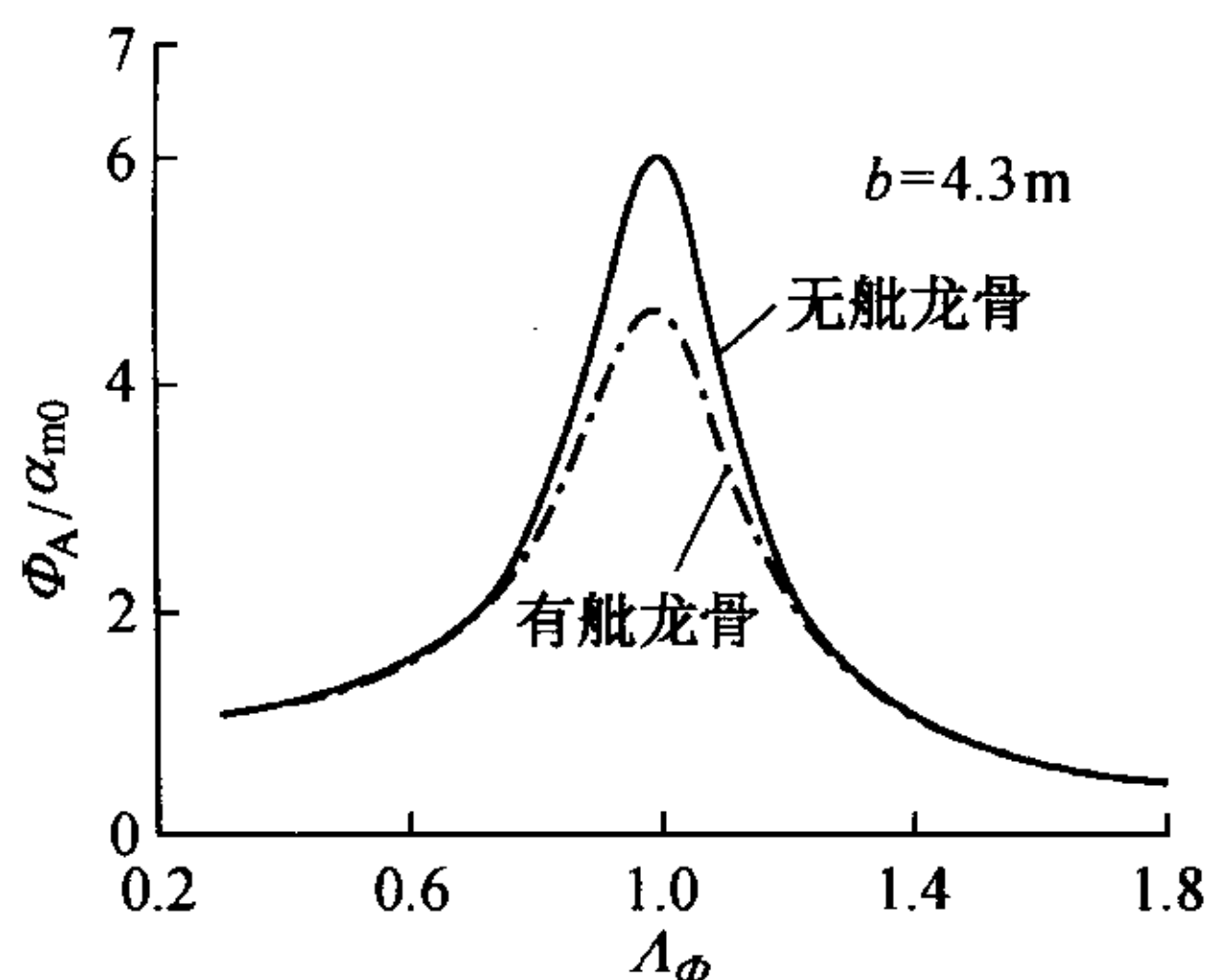


图5 三体船横摇放大因数曲线

Fig. 5 Curve of the magnification factor of the trimaran roll

3 结 论

(1) 进行了一型高速三体船的方案设计,完成了型线设计和总布置设计,该方案具有较好的快速性和横摇性能,稳性满足规范的要求.

(2) 本文认为三体船型设计首先要确定主体的主尺度要素,这时主体参数的确定可不考虑稳性约束,因此从快速性方面可以得到一个非常瘦长的主船体;其次是进行侧体的布局设计,主要从稳性、快速性、横摇和甲板布置要求等方面考虑.整个设计是一个不断修改、逐步完善、螺旋上升的过程,在设计中,应该进行多个方案的对比,以期得到最优的方案.

(3) 船型开发是一项复杂的系统工程,涉及的因素很多.本文完成的工作十分有限,仅就三体船型

设计的一些基本问题作了初步的研究,要使多体船型成为一种优良的实用船型还有许多工作要做.

参考文献:

- [1] Pattison D R, Zhang J W. The trimaran ships [J]. *Trans RINA*, 1995, 137: 143-153.
- [2] Andrews D J, Zhang J W. Trimaran ships the configuration for the frigate of the future [J]. *Naval Engineers Journal*, 1995, 107(3): 77-93.
- [3] 李培勇. 多体船型的性能及概念设计研究[D]. 上海: 上海交通大学船舶与海洋工程学院, 2002.
- [4] Yeh H Y H. Series 64 resistance experiments on high speed displacement forms [J]. *Marine Technology*, 1965, (7): 248-272.
- [5] 上海交通大学海洋工程国家重点实验室. 三体船模型阻力试验报告[R]. 上海: 上海交通大学海洋工程国家重点实验室, 2001.
- [6] 上海交通大学海洋工程国家重点实验室. 多体船模型耐波性试验报告[R]. 上海: 上海交通大学海洋工程国家重点实验室, 2001.
- [7] 李培勇, 裘泳铭, 顾敏童, 等. 多体船型完整稳性计算[J]. *上海交通大学学报*, 2002, 36(11): 1560-1563.
LI Pei-yong, QIU Yong-ming, GU Min-tong, et al. Intact stability research for multi-hulls [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2002, 36(11): 1560-1563.
- [8] 国际海事组织. 国际高速船安全规则[M]. 中华人民共和国船舶检验局译. 北京: 人民交通出版社, 1995.
- [9] Bass D W, Haddara M R. Nonlinear models of roll damping [J]. *Int Shipbuilding Pro*, 1988, 35(401): 5-24.

下期发表论文摘要预报

语音识别中基于模糊聚类分析的参数聚类

徐向华, 朱 杰, 郭 强

(上海交通大学 电子工程系, 上海 200030)

摘 要:为减少语音识别中声学模型的参数量,提高参数训练的鲁棒性,本文基于声学决策树结构,提出利用模糊聚类分析方法对模型参数聚类,包括高斯聚类和方差共享. 对大词汇量汉语连续语音识别的实验结果表明:高斯模糊聚类使高斯数减少25%时,识别率提高0.15%. 进一步做模糊方差共享,当方差减少到初始模型的24%,与同样参数量的未进行聚类的模型相比,误识率下降了3.01%,证明了模糊聚类分析在语音参数聚类中的有效性.