

双体船阻力性能研究

大连理工大学 迟云鹏 孟宪钦 王言英 朱仁传

本文根据 12 艘双体船船模变化其片体间距所得到的静水阻力试验资料,运用统计分析方法,得到估算双体船阻力数学模型和相应的图谱。该图谱主要自变量控制空间为: $5.0 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 9.0$, $0.55 \leq C_p \leq 0.70$, $1.5 \leq b/T \leq 3.0$ 和 $1.2 \leq K/b \leq \infty$

关键词 双体船 统计分析 剩余阻力

1 前言

近年来,高速船已在世界范围内得到蓬勃发展,尤其是双体高速船由于有较好的快速性、适航性和舒适性而发展更为迅猛。为了适应这种新形势和设计者的需要,笔者根据双体船船模变化其片体间距所得到的静水阻力试验资料,运用统计分析方法得到估算双体船的阻力数学模型和相应的图谱,本文予以简要介绍,以供参考。

2 船模的阻力试验数据及分析

2.1 模型及试验数据

本文采用了我校船模试验水池的双体船船模试验资料^[1]和有关水池及文献中的双体船模资料^[2~7],共涉及 12 艘双体船模。文中 L 、 b 、 T 、 ∇ 、 C_B 、 C_P 和 K 分别表示两柱间长、片体宽、吃水、片体排水体积、方形系数、棱形系数和两片体中心距等主要参数。

主要船型参数构成的自变量控制空间为

$$5.0 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 9.0, 0.55 \leq C_P \leq 0.70$$

$$1.5 \leq b/T \leq 3.0, 1.2 \leq K/b \leq \infty$$

根据 69 个片体间距变化的阻力试验数据,以二因次方法求得剩余阻力系数 C_R 与傅汝德数 $F_r = V/\sqrt{gL}$ 的函数关系,即

$$C_R = C_T - C_F \quad (1)$$

式中: $C_T = R/\frac{1}{2}\rho S V^2$ ——船模总阻力系数;

R ——船模总阻力;

ρ ——试验池水密度;

V ——船模速度;

S ——船模湿表面积;

C_F ——摩擦阻力系数。

摩擦阻力系数 C_F 按 ITTC—1957 相关线计算。即

$$C_F = 0.075(\log R_n - 2)^{-2} \quad (2)$$

式中: $R_n = V \cdot L/\nu$ ——雷诺数;

ν ——水的运动粘性系数。

2.2 剩余阻力系数的统计分析

根据 12 艘双体船模速度范围,在 $C_R \sim F_r$ 曲线上分别取傅汝德数 F_r 等于 0.28、0.31、0.34、0.37、0.40 所对应的剩余阻力系数值,并进行以 F_r 为参变量,以船型参数为自变量的关于因变量 C_R 的逐步回归分析计算^[8]。根据以往的经验,选取对 C_R 影响最大的 4 个参数 K/b 、 $L/\nabla^{1/3}$ 、 b/T 和 C_P 作为自变量。在计算过程中,计算机自动剔除对因变量贡献不大的自变量 b/T (由 F 检验裁定)。最终关于剩余阻力系数 C_R 的计算公式为

$$C_R(F_r) = B_0(L/\nabla^{1/3})^{B_1} C_P^{B_2} (K/b)^{B_3} \quad (3)$$

不同的傅汝德数的回归系数 B_i 、复相关系数 R 、均方差 Q 以及总的相对误差 S 均列于表 1 中。

根据(3)式计算出不同尺度比时的 C_R 值,绘制一套以 F_r 、 $L/\nabla^{1/3}$ 为参变量,以 K/b 和 C_P 为自变量的剩余阻力系数 C_R 图谱共 9 幅。由于篇幅所限,将 9 幅图谱重叠为 3 幅,如图 1、图 2 和图 3 所示。图谱与回归方程具有相同的精度。

3 船型参数的变化对 C_R 影响的分析

根据(3)式分别绘制出以 F_r 、 C_P 或 F_r 、 K/b 为参变量,对应以 $L/\nabla^{1/3}$ 、 K/b 或 $L/\nabla^{1/3}$ 、 C_P

表 1 各回归方程系数

Fr	B_0	B_1	B_2	B_3	复相总系数 R	均方差 Q	相对误差 S
0.280	0.0523608	-1.0090945	2.8416511	-0.1728155	0.922	0.113	0.11
0.310	0.03693871	-1.3259907	4.6647354	-0.2419217	0.964	0.116	0.12
0.340	0.1839380	-1.1331476	3.5282793	-0.4839566	0.931	0.129	0.13
0.370	0.0494841	-1.3062931	0.0017903	-0.2486741	0.714	0.169	0.17
0.400	0.1171978	-1.9060205	-1.1392498	0.0068516	0.897	0.139	0.14

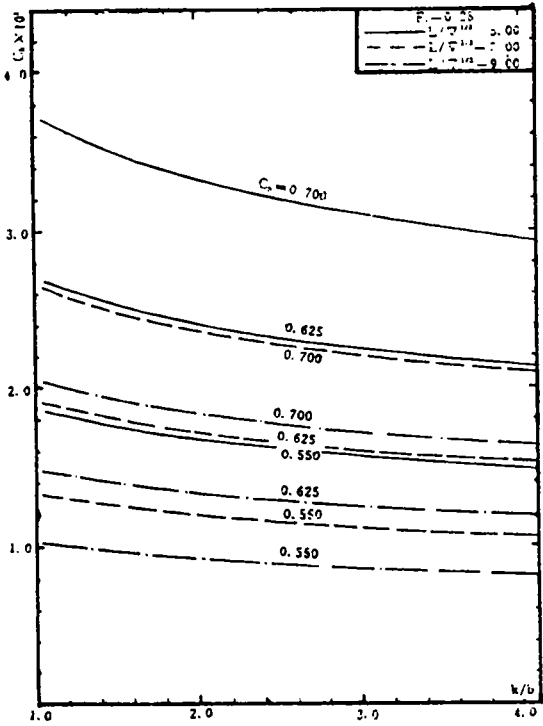


图 1

为自变量的剩余阻力系数 C_R 的另外一些辅助图谱(图 4~9)。从图中可明显看出在不同的航速下, $L/\nabla^{1/3}$ 、 C_P 和 K/b 的变化对剩余阻力系数 C_R 值的影响关系。

(1)由图 4 和图 5 可知,双体船的剩余阻力系数 C_R 值随 $L/\nabla^{1/3}$ 和 K/b 值增加及 C_P 值减小而减小;当 $Fr=0.40$ 时(图 6),对同一 $L/\nabla^{1/3}$ 值, K/b 的变化对 C_P 值影响不显著。而棱

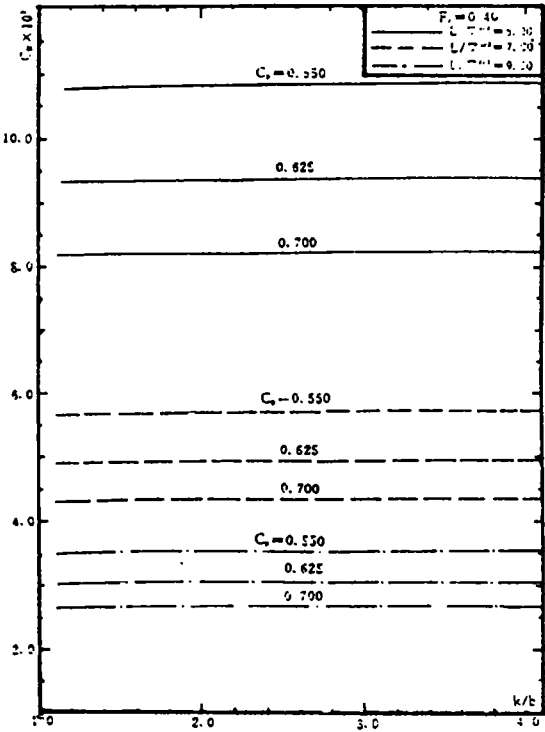


图 2

形系数 C_R 值的增加,却使 C_R 值减小。

(2)由图 7 和图 8 可知,剩余阻力系数 C_R 值随棱形系数 C_P 值的增加而增加,随 $L/\nabla^{1/3}$ 和 k/b 值的增加而减小。由图 9 可知,当 $Fr=0.40$ 时,对同一 $L/\nabla^{1/3}$ 值, K/b 的变化对 C_R 值影响不显著。但随 $L/\nabla^{1/3}$ 和 C_P 增加 C_R 减小,且 $L/\nabla^{1/3}$ 的变化对 C_R 值影响相当显著。

从上述的分析中得到:根据双体船设计航

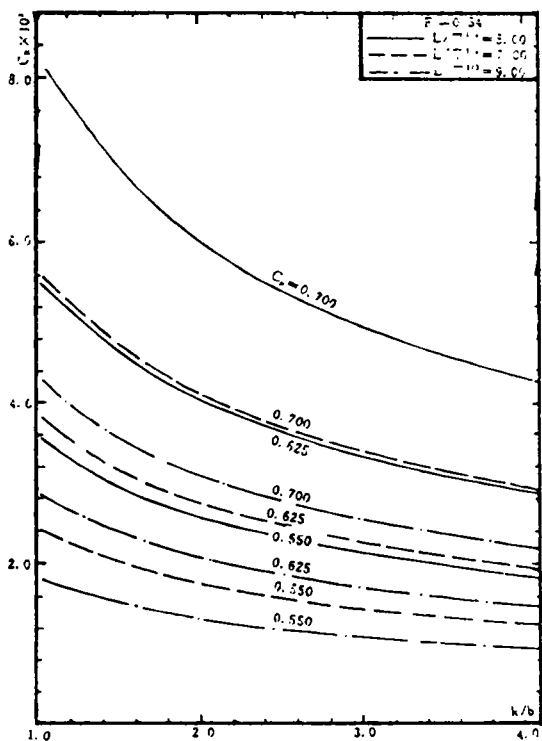


图 3

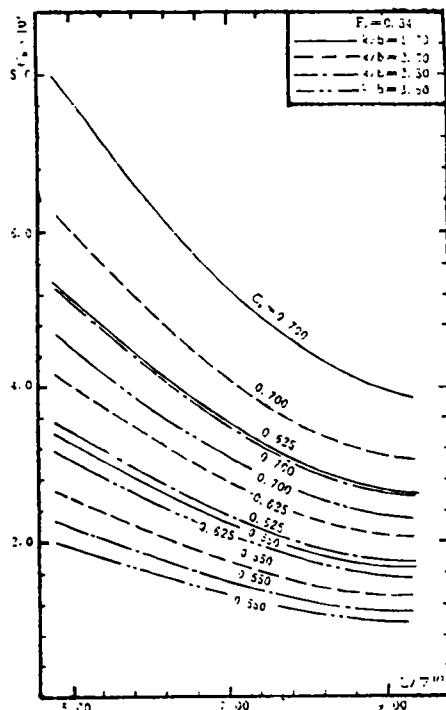


图 5

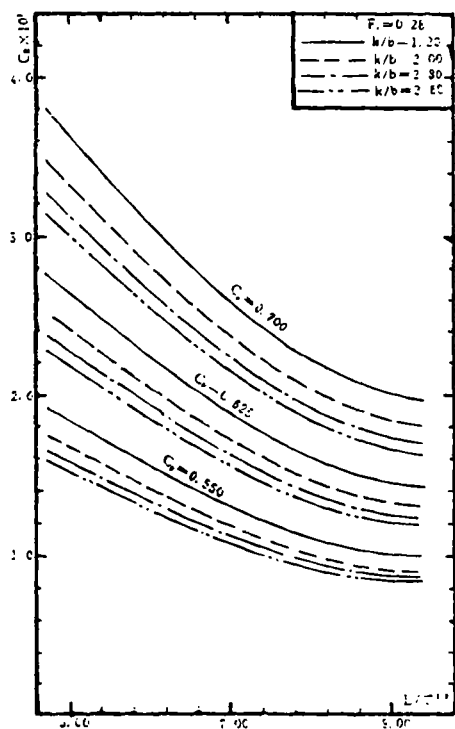


图 4

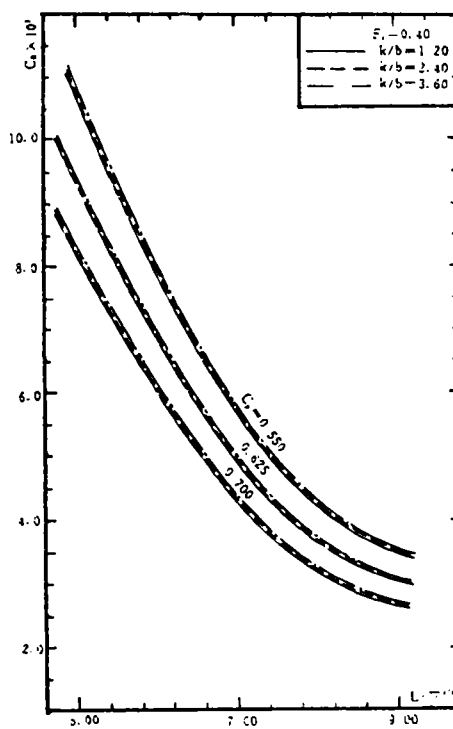


图 6

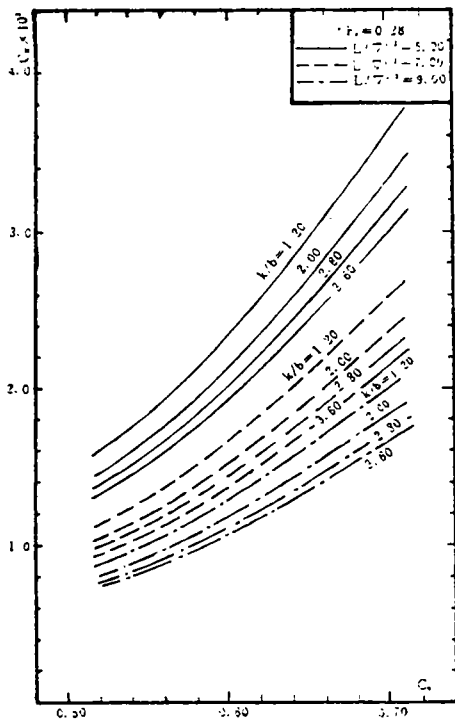


图 7

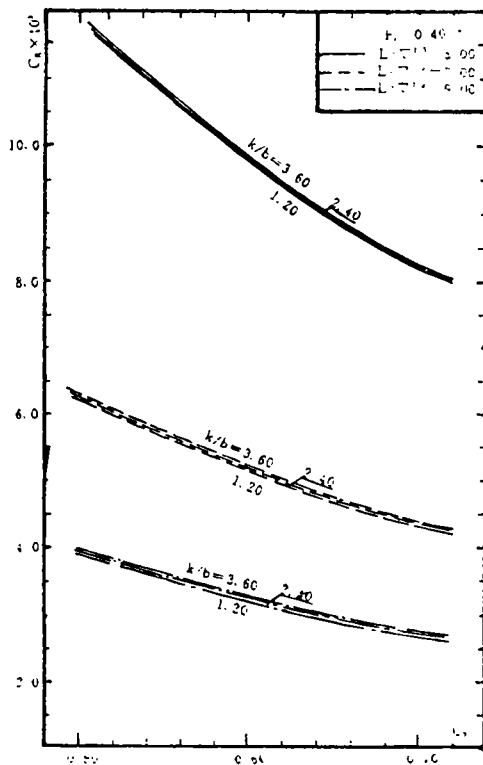


图 9

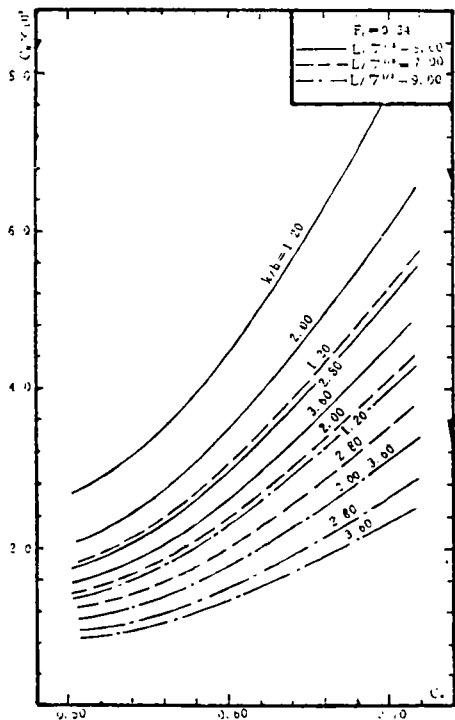


图 8

速的要求,可以选取比较合适的船型参数,以达到较优阻力性能的双体船型。

4. 回归公式和图谱的应用及检验

给定片体船型尺度及其参数: L 、 b 、 T 、 ∇ 、 C_p 和 K/b ,根据(3)式或图1~3即可用插值方法,求得相应傅汝德数 Fr 的剩余阻力系数 C_R 值,用(2)式计算出相应的摩擦阻力系数 C_F 值。关于粗造度补贴系数 ΔC_F ,由用户自行选择。计算湿表面积,本文推荐用Mumford公式,即

$$S = 2L(1.7T + b \cdot C_B) \quad (4)$$

最后,阻力为

$$R = (C_F + C_R + \Delta C_F) \frac{1}{2} \rho V^2 S \quad (5)$$

表2为阻力计算表。

5. 结 论

(1)本文通过12艘双体船模69个片体间距试验结果,用逐步回归分析方法得到的剩余阻力系数 C_R 公式及图谱,由于所用子样不是系

表 2 阻力计算表^{①②}

序号	项 目	单 位	计 算 结 果				
1	$F_r = V / \sqrt{gL}$		0.28	0.31	0.34	0.37	0.40
2	$V = (1) \sqrt{gL}$	m/s	5.847	6.474	7.100	7.727	8.353
3	$V^2 = (2)^2$	m ² /s ²	34.187	41.913	50.410	59.707	69.773
4	$\frac{1}{2} \rho S V^2 \times 10^{-3}$	kg	770.48	944.61	1136.11	1346.64	1572.50
5	$R_n = V \cdot L / \nu \times 10^{-8}$		2.19	2.42	2.65	2.89	3.12
6	$C_F \times 10^3$ (按 1957—ITTC 公式)		1.866	1.840	1.818	1.797	1.778
7	$C_R \times 10^3$ (按回归公式或图谱)		1.713	2.874	2.654	2.284	2.861
8	$G_T \times 10^3 = (6) + (7)$		3.579	4.714	4.472	4.081	4.639
9	$R_{ts} = (8)(4) \times 9.8 \times 10^{-3}$	kN	27.02	43.64	49.79	53.86	71.49
10	试验结果 (R_{ts})	kN	26.8	44.28	51.52	53.80	68.50
11	公式与试验值误差 %		0.80	-1.45	-3.36	0.11	4.36

① 某双体船:片体 $L_{pp}=44.5$ m, $b=3.60$ m, $T=1.60$ m, $C_B=0.589$, $C_F=0.688$, $\Delta=147.41$ t, $K/b=2.56$, $L/T=2.246$, $L/\nabla^{1/3}=818$, $S=2L(1.7T+b \cdot C_B)=430.8$ m²

② 取 $\Delta C_F=0$

列试验结果,其子样分布不十分均匀且较离散,但对双体船初步设计的阻力估算有足够精度。

(2) 试验模型的线型均为圆舭形,无球鼻首。应用公式及图谱须注意自变量和参变量控制范围。

(3) 根据双体船设计航速要求,可以选取比较合适的船型参数,以求得较优阻力性能的片体组合船型。

(4) 文中提供的是不同尺度比时的剩余阻力系数 C_R 值,为求得实船阻力,需要根据实际经验确定 ΔC_F 值。

6 参考文献

1 大连理工大学船模试验水池. 300 客位双体船快速

性试验研究. 1993. 9

2 中山大学船模试验水池. 双体船舶阻力试验研究. 1981. 5

3 蒋慰昌. 双体船阻力的模型试验和理论计算. 中国造船, 1965(3): 21~35

4 长江船舶设计院. 双体船的设计. 船舶设计技术交流, 1973(1): 21~25

5 邵世明等. 双体船的静水阻力估算. 中国造船, 1994(1): 13~21

6 沿海双体船钻探船设计小分队. 沿海双体钻探船的设计. 船舶设计通讯, 1976(2)

7 Е Н Воеводская. Оценка Ходовых Качеств Катамаранного Судна. Судостроение, 1964(7): 6~8

8 王言英. 船舶实验数据的回归分析. 大连理工大学学报, 1980, 19. (3): 101~114

(上接第 54 页)

间和扫描间隔时间等)。有些设置可由微机自动检测。

3.2 软件通用性设计考虑

系统软件采用最大模式设计。针对接口电路为适应不同单边带通信机配置的要求,系统软件设计成能自动检测接口电路模式,并在此基础上运行相应程序,而无需为每一种配置设计一个专门软件,从而减少软件开发的工作量,提高通用性。此外,软件采用结构化设计方法,具有易调试、易维护、易扩展等特点。设计的系统软件主要有下列各部分组成:

(1) 初始化及自检部分。系统能对信息处理部分和通道部分进行自诊断,并可通过不同形式蜂鸣与指示灯闪烁的报警方式指明相应的故障部位,以便于维修。

(2) GPS 数据处理程序,采用 NMEA-0183 或其它数据格式。

(3) 收发信机的遥控程序,用以实现频率扫描与自动调谐。

(4) 与船舶自动化管理系统微机间的通信程序。

(5) 船舶动态数据无线传送及处理程序。

上述各部分程序分别包括在主程序、中断控制器中断程序和独立的子程序中。其主程序框图见图 6。

4 结 论

本文介绍的接口电路已用于某公司的船舶自动监控系统中,经实船安装与系统运行,表明其适用性强且电路工作可靠。此接口也可应用于使用 VHF 通信设备的各类运动载体的动态自动监控系统中。

5 参考文献

1 王世远等. 全球气象与船位监控系统. 上海船舶运输科学研究所学报, 1995, 1

2 杨秉曦. 建立中国船舶报告制的设想. 中国航海, 1993(1)

3 刘人杰等. 船舶动态监测系统. 船舶通信导航学术会议文集, 1993. 11

4 Sait SSB Transceiver Tybe Trp825cs Technical Manual

5 JRC Radiotelephony JSB-176 Instruction Manual

6 MT1501/MT501 RX1001/RX1002 单边带收发信机说明书

CONTENTS

Carrying forward the Cause, Forging ahead the Future and Shouldering the Heavy

Responsibilities Wang Hui(4)

Making Persistent Efforts, Creating the Brilliance Jointly

..... Editorial Office of SHIP ENGINEERING(6)

Actively Advancing the Cause of High Speed Water Transportation Huang Lingen(8)

Developing the New Type High Speed Vessel for Long-Distance Passenger Transport

on the Yangtze River Zhou Xinmin, Qiu Shenghong and Others(14)

An Experimental Investigation on Propeller Inflow Compensative Nozzle for Cargo Ship

..... Li Jieya, Liao Tao and Others(18)

This paper presents a propeller inflow compensative nozzle, which can improve the inflow of the propeller and reduce the flow separation at the ship stern, thus increasing the ship's propulsive efficiency. The model tests and the sea trial results of a 16000 t cargo ship are given.

Key words Propeller inflow compensative nozzle, Propulsive efficiency, Energy-saving equipment

Investigation of Resistance Performance for Catamaran

..... Chi Yunpeng, Meng Xiangin, Wang Yanying, Zhu Renchuan(21)

Based on the resistance test results in calm water for 12 catamaran models with different center distances between demihulle, a mathematical model and corresponding charts for estimating the hull resistance of catamaran are developed by using the multiple and stepwise regression analysis. The control spaces of independent variables in the charts are: $5.0 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 9.0$; $0.55 \leq C_p \leq 0.70$; $1.5 \leq b/T \leq 3.0$; $1.2 \leq k/b \leq \infty$.

Key words Catamaran, Statistical analysis, Resistance performance

A Study on Strength of Hold Structure for Coverless Container Ship

..... Lu Xiaojiong, Chen Cihui, Gan Xilin, Zhu Shengchang(26)

The container ship is a new type of ships, which is welcome due to the convenience of loading and unloading, high hold capacity, shortening convey period and high economic efficiency. It is noted that when the container ship is full-loaded, the main span of the side floor and the loads of the innerbottom are larger than those of the conventional one, so that the strength of the hold structure of the coverless container ship become a key problem in the structure design. Calculation results from a 1000 TEU container ship indicate that the hold strength may be satisfied if the construction features of the coverless container ship are considered and the reasonable design is provided.

Key words Coverless container ship, Ship structure, Finite element method

Procedure for Checking Hull Strength of Containership

..... Guo Lie, Huang Zhenghong and Others(29)

The warping stress induced by torsion should be taken into account in the process of checking the hull strength due to the large opening structure of the containership. In this paper, a containership, KOTA INDAN/INTAN, is taken as an example, the bending and warping stress of the hull are calculated by rules with finite element method on the basis of setting up a three-dimensional finite element model. The judgement is made in compliance with the rules' standards as well.

Key words Containership, Torsion, Warping stress

Blade Forming of Gas Turbine Using Cubic Spline Fit Method

..... Li Junfeng, Weng Shilie, Song Huafen(32)

A method for forming a blade of gas turbine is presented using circular spline and cubic B spline. A set of CAD software package is provided for forming, fitting and modifying a turbine blade in consideration of mixed re-