

文章编号:1671-7953(2008)01-0029-03

基于肥大型船舶球首的参数化设计

彭力,陈顺怀

(武汉理工大学 交通学院,武汉 430063)

摘要:通过统计研究发现肥大型船舶球首的特征参数数据范围较为集中。选取给定主船体的主尺度和球首特征一系列参数,自动生成一系列球首型线。文中探讨了球首部分的生成方法。

关键词:肥大船;型线;球首

中图分类号:U662

文献标志码:B

Parameterized Design Method for Bulbous Bow of Voluminous Ships

PENG Li, CHEN Shun-huai

(School of Transportation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: Adding bulbous bow to the voluminous ships can lower resistance effectively. Statistical research showed that the variable range of bulbous bow's parameters for voluminous ships is concentrative. This paper chooses a series of the parameters to generate line of bulbous bow automatically.

Key words: voluminous ships; lines; bulbous bow

肥大型船是指方形系数 $C_b \geq 0.8$ 的特殊船型,由于该类船体积庞大,航速比较低,所以如何降低阻力是个大问题。研究发现:肥大型船上的球首,在压载状态下能改善船首柱附近的水压力分布,从而缓解船首破波情况,有效降低破波阻力;而在满载状态下,球首则具有整流作用,从而有效地降低粘压阻力。

日本三菱长崎水池对于肥大型船舶提出了船型可分原理设计法,其主要观点是:对弗氏数较低和平行中体较长的船而言,前后体可分开考虑,认为碎波阻力、首艏涡阻力主要受进流段形状的影响,尾艏涡阻力、推进因子和尾流分离则主要取决于去流段形状^[1]。所以将球首单独拿出来考虑是完全可行的。

1 首部横剖线设计

本文主要就球首主体的横剖线进行研究。采

用参数法,对肥大型船舶球首的横剖线特殊的线型进行描述。

1.1 参数法

根据船舶设计要求,构成直接生成船体形状的数学模型,用计算机交互设计及修改船体型线,直至产生符合要求的船体型线,这种方法通常可称为参数法。参数法具有较大的灵活性,通过变化相关参数,修改型线,确保设计者的设计意图。本文选取的是多个影响球首性能的主要参数作为变量,对横剖线进行修改。

1.2 肥大型船球首特征参数

球首参数^[2]见图1。

肥大型船球首形状主要包括以下几类^[2-3]:

1) 梨形: H_b/T 值在 0.3 左右,球的几何形心比较接近水面,球首效应较大,但在装载状况变化较大的船上不太有利,因为球首出水或将要入水时,会增加阻力,产生不利干扰。

2) 水滴形: H_b/T 值在 0.65~0.7,球首效应也比较小。

3) SV形: H_b/T 值在 0.55~0.65。

本文主要研究的对象是肥大型船舶,同时假设首垂线处是球首面积最大处,坐标原点为首垂线与基线交点。

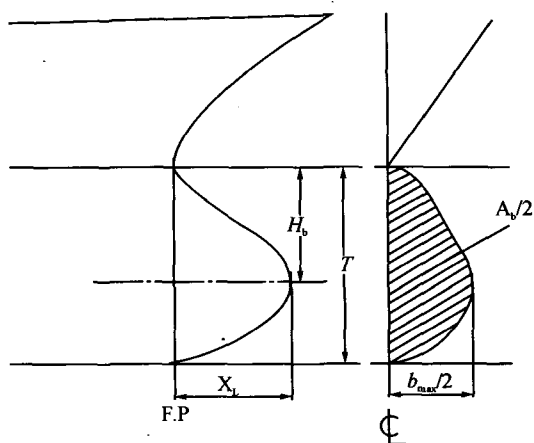
收稿日期:2007-09-03

修回日期:2007-12-17

作者简介:彭力(1983—),女,硕士生。

研究方向:新船型开发。

E-mail: pengli2008@sina.com



F. P-首垂线处; H_b -球鼻前端点至吃水距离; T -吃水;
 x_L -球首长度; A_b -首垂线处面积; b_{\max} -首垂线处半宽

图1 球首几何参数示意

1.3 球首的形状表述

假设球首面积曲线为: $f(x) = ax^2 + bx + c$, $x \in [0, x_L]$, 由球首体积, 首垂线距球首最前端的距离, 形心沿 x 轴的位置等可求得 a, b, c 的值, 继而求得 A_{\max} , 即首垂线处面积。当然, 该处假定的面积曲线只是为了给出各剖面处的面积, 如果能给定各特征剖面的面积, 该面积曲线是不需要的。

1.3.1 首垂线处横剖面

本文采用的方法是将横剖线分成3部分(如图2), 分别以多项式或椭圆弧与多项式的组合式表示^[4]。

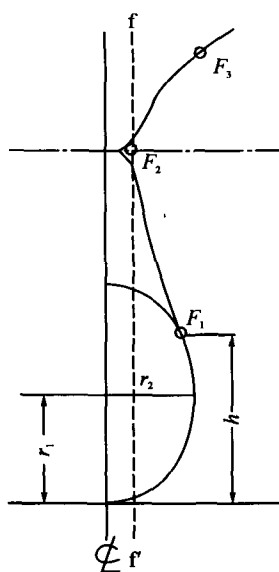


图2 首垂线处横剖面

F_1 以下的椭圆表达式: $\left(\frac{z-r_1}{r_1}\right) + \left(\frac{y}{r_2}\right)^n = 1$, 本文取 $n=2$, r_1, r_2 分别取一系列值, 可以得到:

$$z = r_1 + r_1 \sqrt{1 - \left(\frac{y}{r_2}\right)^2}, y \in [0, r_2] \quad (1)$$

式中: r_1/r_2 可取一系列值, 给定球首最大宽度 b_{\max} , 则有 $r_2 = b_{\max}/2$, 易得相应 r_1 的值。

若 F_1 处型值为 (y_1, z_1) , 令 $h = z_1/(2r_1)$, 并将 h 取一系列值, 如 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 等, 由前面所得即可求出 F_1 处的型值。

对于 $F_1 \sim F_2$ 为凸曲线时表达式:

$$z = f(y) = a_1 y^4 + a_2 y^3 + a_3 y^2 + a_4 y + a_5 \quad (2)$$

对于 $F_1 \sim F_2$ 为凹曲线时表达式:

$$y = f(z) = a_1 z^4 + a_2 z^3 + a_3 z^2 + a_4 z + a_5 \quad (3)$$

取 $F_2(0, T)$ 则有设计水线以下面积为 20 站处球首横剖面面积, 又由 F_1 处连续性得, 椭圆弧与多项式在点 F_1 处一阶导数相等, 由上述条件组成方程组, 可求出式(2)或式(3)中多项式各系数的值, 相应的 $F_1 \sim F_2$ 之间的多项式表达式即可求出。

而对于 V 形剖面, 表达形式则是上部为椭圆弧, 下部为多项式。由于考虑的是球首问题, 所以水线以上部分暂不考虑。(即图中 $F_1 \sim F_2$)。

1.3.2 球首各个横剖面形状的形成

首先给定球首边界线, 见图 3。

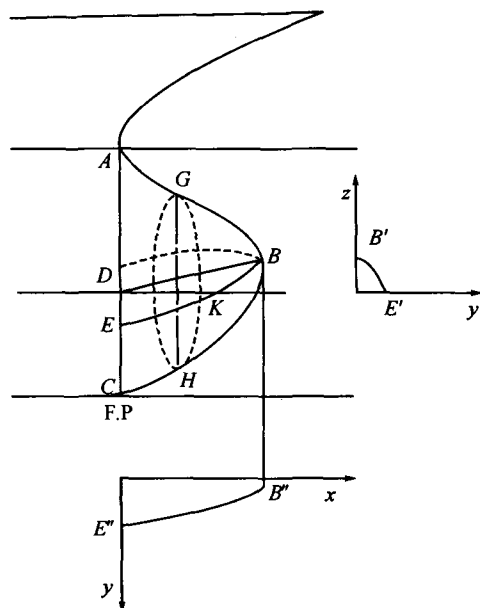


图3 球首边界线投影

ABC是纵向中剖面的边界线,是一条二维曲线。DBE是由球首各剖面最宽处型值点组成的一条边界线,显然,BE和BD是2条对称的曲线,考虑一半已经足够说明问题。BE在 zy 平面的投影为 $B'E'$,在 xy 平面上的投影为 $B''E''$,显然该曲线通常是1条三维的空间曲线,可以用 x,z 关于 y 的函数来表示。

给定边界线后,取几个典型剖面,如图中GH剖面。各个剖面处都存在3个给定型值点,如图中GH剖面处G,H,K3点,根据该剖面处的面积,按照2.3.1中求得首垂线处剖面的方法,可求得该特征剖面处的横剖线形状。然后取各水线处型值点,采用样条得到各水线形状。

按照实船数据,给出两个特征剖面处3个特征点,采用前文的方法,绘制出这3个横剖面形状,主要是与实船作下对比,验证该方法的可行性。

2 实例对比

实船具体参数见表1。该船是一条16 000 t散货船,线型图采用沪东造船厂计算机研究所的CAD/CAM室的《HD-HM2000 船体建造系统——船体型线交互光顺系统》进行型线光顺后生成。

表1 实船资料

项目	数值	项目	数值
总长/m	149.068	球首长/m	4.421
垂线间长/m	140.88	球首浮心纵向位置/ m^3	1.466
型宽/m	21.000	排水体积/ m^3	39.700
型深/m	11.200	球首最大面积/ m^3	19.100
吃水/m	8.200	球首最大宽度/m	3.436

程序运行结果与实船球首横剖面对比见图4,图中虚线表示的是采用本文方法绘制的横剖面图,实线表示的是原船横剖面图。其中首垂线剖面处 $A_{max}=19.1, h=0.56, r_1/r_2=2.3618$ 。另外,取实船个特征剖面,各剖面分别取3个特征型值点和特征参数如下:特征剖面一:(1 800,0,7 143),(1 800,1 050,4 500),(1 800,0,1 035), $r_2=1.05, h=0.72, A_x=10.244$;特征剖面二:(3 600,0,6 587),(3 600,560,4 745),(3 600,0,2 424), $r_2=0.56, h=0.65, A_x=3.53$

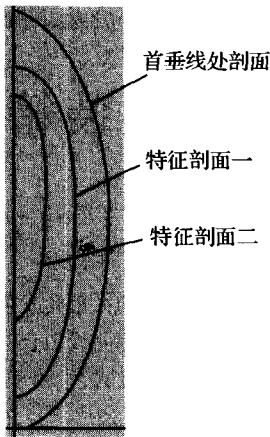


图4 球首横剖面对比图

3 结论

该船方型系数为0.66左右,球首横剖面为V型,所以特征剖面采用的是V型剖面,从上图对比看来,该方法还是具有可行性的。事实上,肥大船型为了配合主船体的U形船身,多采用下肥上瘦型,实验证明,本文采用的方法在处理下肥上瘦的型线时效果比较理想。采用多项式表达横剖线具有很多优越性,如多项式能准确地进行微分和积分,可以准确计算几何特征;其次确定多项式的系数的方程,求解比较方便。不足之处在于采用多项式表达的时候,形状参数之间配合不当时横剖线容易出现波动和多余拐点,另外局部也难以得到控制。

当然,对于该方法还只是做了一些初步的研究,距离实用阶段还有很大的距离,在以后的学习过程中还要更多的考虑球首部分与船体部分的连接光顺问题,尤其是球首的水动力性能研究,以便选择阻力最佳的球首。

参考文献

[1] 周占群,胡 平,林宗熊,等. 2万吨级超浅吃水肥大船试验研究[J]. 交通部上海船舶运输科学研究所学报,1996,19(1): 1-11.
[2] 冯恩德,席龙飞. 船舶设计原理[M]. 大连:大连海运学院出版社,1990.
[3] 杨 栖. 电子计算机辅助船舶设计[M]. 上海:上海交通大学出版社,1984.
[4] 周超骏. 计算机辅助船体线型设计[M]. 上海:上海交通大学出版社,1991.