

①690-93

第18卷第4期
2000年11月海洋工程
OCEAN ENGINEERINGVol. 18 No. 4
Nov. 2000

文章编号: 1005-9865(2000)04-0090-04

船体强度载荷可视化计算

U661.43

TP391.41

谢永和, 刘全良

(浙江海洋学院 海洋工程分院, 浙江 舟山 316004)

摘要: 利用 ObjectARX 语言, 在 Visual C++ 5.0 开发平台中编制了船体强度载荷可视化计算程序。程序具有船体载荷计算、光顺原始数据、仿真船体调整过程和图形化计算结果的功能。

关键词: 船体载荷; 可视化计算; 仿真; 图形

中图分类号: U661.43

文献标识码: A

Visual C++ 5.0

Visual calculation of hull strength loads

XIE Yong-he, LIU Quan-Liang

(Ocean Engineering College of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

Abstract: Based on the visual C++ 5.0 development platform, a visual calculating program is developed in Object ARX. The program has the functions that the hull strength loads can be calculated, the primary data smoothed, the adjustment course of hull simulated, and the calculating results graphically described.

Key words: hull loads; visual calculating; simulating; graphic

船体强度载荷主要由重量载荷(船体自身重量和货物重量)和作用在水线面以下的水对船体的浮力组成。船体在静水或从静水进入波浪中, 当重量载荷和船体浮力、重心纵坐标 x_g 与浮心纵坐标 x_b 不相等时, 船体必然发生升沉和纵倾。船体平衡调整过程中, 重量分布载荷保持不变, 需要调整的是浮力值和浮心位置, 以求船体平衡。船体浮力分布与邦戎曲线直接关联, 调整过程即重新确定波轴线位置, 以在邦戎曲线中获得相应站位的浸水面积。船体平衡后, 计算船体的内力。

传统的程序载荷算法, 没有结合图形环境, 存在以下不足之处: ①邦戎曲线是数值化的, 即用型值点来描述, 平衡调整中用内插法确定船体每个站位的浸水面积, 计算精度较差; ②计算结果也是数值化的, 难于判断其合理性。基于上述原因, 本文编制了可视化程序。该程序除通常的船体载荷计算功能外, 还存在以下功能: ①光顺原始数据, 自动量取邦戎曲线中的浸水面积, 提高计算精度; ②船体调整进行动态仿真, 模拟实船在波浪中的调整过程; ③计算结果用曲线表述, 便于了解结果的合理性; ④鉴于船体货物放置的合理性, 对可能导致船体倾翻的货物放置提出警告, 并给出相应的修改建议, 建议货物的重心前移或后移求得船体平衡。

1 模型建立

船体是否平衡, 关键是重力和浮力、重心纵坐标 x_g 与浮心纵坐标 x_b 是否相等。因此, 计算模型包括重量及重心纵坐标、浮力及浮心纵坐标的确定。

收稿日期: 2000-02-20

作者简介: 谢永和(1967—), 男, 讲师, 硕士, 主要从事船舶结构设计与可视化计算研究。

1.1 重量及重心纵坐标

船体重量是以重量汇总表的形式给出,在船体平衡调整过程中,其分布是特定的。其重量和重心纵坐标通过下式求解:

$$W = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} w(x) dx$$

$$x_g = \frac{\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} w(x) x dx}{W}$$

式中: L —船体长度(m); W —船体自身和货物重量(t); $w(x)$ —重量分布函数(t/m); x_g —船体重心纵坐标(m); x —船长方向,起点为船尾。

1.2 浮力及浮心纵坐标

船体平衡位置的调整过程,其实质是波轴线重新确定的过程。波轴线确定后,根据给定的波浪要素,求得船体剖面的浸水位置,结合邦戎曲线确定浮力和浮心纵坐标,调整过程用下述表达式表示,未注明参数参见图2。

①确定波轴线位置

$$df_i = df_{i-1} + \left(\frac{L}{2} - x_i\right) \tan\left(\frac{x_g - x_{b,i-1}}{R}\right) + \frac{V_0 - V_{i-1}}{A}$$

$$da_i = da_{i-1} + \left(\frac{L}{2} + x_i\right) \tan\left(\frac{x_g - x_{b,i-1}}{R}\right) + \frac{V_0 - V_{i-1}}{A}$$

式中: R —纵稳心半径(m); A —水线面面积(m²); V_0 —排水量(m³); x_i —船体浮心纵坐标(m); i —迭代次数。

②确定船体浸水位置

$$y(x) = da_i + x \frac{df_i - da_i}{L} + \left[r \cos \frac{2\pi x}{\lambda} + \frac{\pi r^2}{\lambda} (1 - \cos \frac{4\pi x}{\lambda})\right]$$

式中: $r = \begin{cases} 0.32 \sqrt{\lambda} - 0.5 & L \leq 120\text{m} \\ 3 & L > 120\text{m} \end{cases}$;
 $\lambda = L$ —波长(m); r —半波高(m)

③浮力与浮心位置确定

$$B = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} b(x) dx$$

$$x_b = \frac{\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} b(x) x dx}{B}$$

式中: B —浮力值(t); x_b —船体浮心纵坐标(m); $b(x) = \gamma w(x)$ —浮力分布函数(t/m); γ —海水或淡水的体积质量(t/m³)。

2 程序设计

本文用 ObjectARX 语言在 Visual C++ 5.0 开发平台中开发了主程序,该程序直接在 AutoCAD R14 图形环境中运行;同时用 PDB 语言编制的对话框对部分原始数据进行管理。该程序主要有光顺原始数据、船体载荷计算、船体平衡调整动态仿真、计算结果图形化四个模块组成,可对静水、中拱、中垂三种不同工况进行计算。其流程见图1。

2.1 光顺原始数据

主控函数是 void primary_data_smooth()。该程序将 21 条邦戎曲线拟合为光顺的 S 样条曲线,并且绘制在图形环境中,便于船体平衡调整时调用。

2.2 船体载荷计算

主控函数是 void hull_load(), 结合浸水面积函数 void get_banglong() 进行船体载荷计算。对于因船体货物放置不合理、无法进行平衡调整的情况, 提出警告并给出建议。

2.3 船体平衡调整的动态仿真

主控函数是 void hull_simulation()。根据函数 void hull_load() 记录下来的调整过程, 对船体平衡调整过程进行仿真, 绘制船体平衡调整时记录数据轨迹。

2.4 计算结果图形化

主控函数是 void M_N_curve()。根据船体载荷计算函数 void hull_load() 的计算结果, 将船体弯矩和剪力绘制成曲线, 以观察结果的合理性。

3 算例及分析

3.1 原始数据

因小型船舶相对较难调整, 本文选择一小型货船进行船体强度载荷计算, 计算工况为中拱。图 2 中绘出了已光顺的邦戎曲线, 图 3 为小型货船主要尺度及有关数据, 图 4 为重量分布曲线。

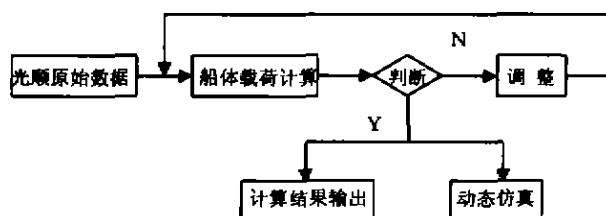


图 1 程序流程图

Fig. 1 System flow chart

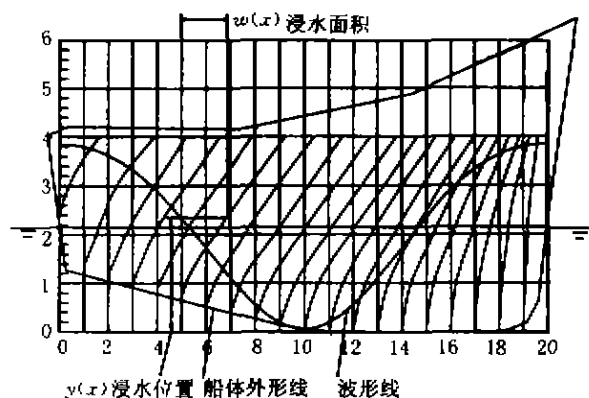


图 2 邦戎曲线

Fig. 2 Banglong curves

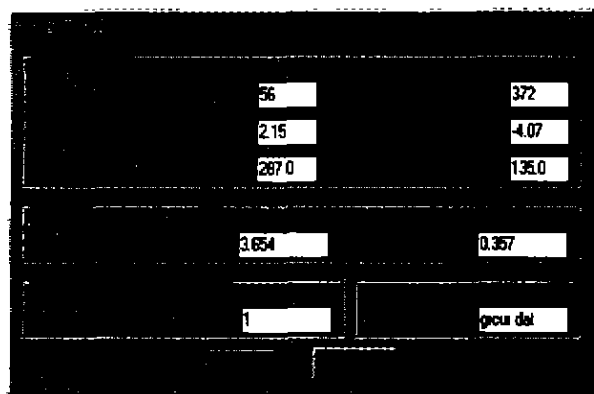


图 3 主要尺度及相关数据

Fig. 3 Primary dimensions and relative data

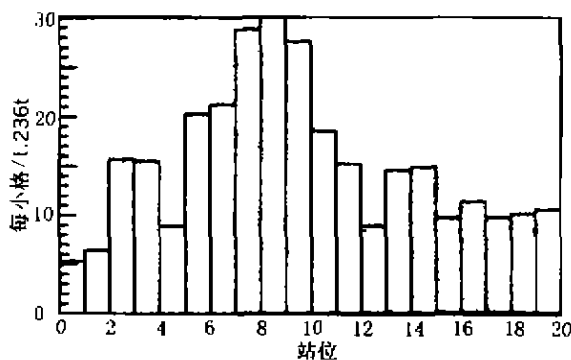


图 4 重量曲线图

Fig. 4 Weight curve

3.2 结果分析

①弯矩、剪力曲线图

从弯矩、剪力曲线图(图 5, 图 6)可看出, 船舫横剖面(第 10 站位)弯矩最大(1 040. 723t · m), 首、尾两处

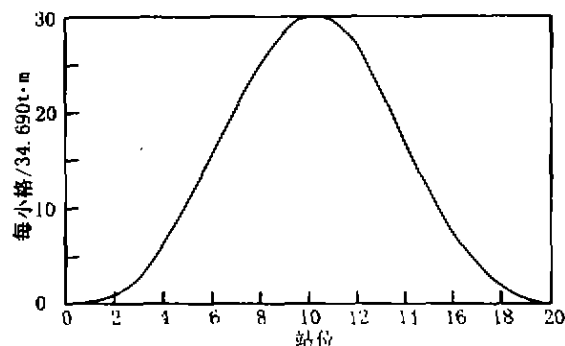


图5 弯矩图

Fig. 5 Moment curve

(第0、20站位)弯矩和剪力均为零;同时,离船首、船尾四分之一船长附近(第6、14站位)剪力绝对值最大,其值分别为65.304t、68.843t。弯矩和剪力满足相应的对称性,符合船体的内力分布特征。

②动态仿真图

动态仿真图中(图7)记录了船体平衡调整过程中不同位置的船体外形图,从图形中可看出船体平衡调整轨迹,船体发生了较为明显的上浮和纵倾。

4 结 语

该程序对多种船体在静水、中拱、中垂三种工况进行了计算,迭代次数一般在5~7次,其精度 $|\frac{V-V_1}{V}|$

$<0.1\%$, $|\frac{x_g-x_b}{L}|<0.1\%$,与通常的程序船体载荷解

法相比,具有精度高、迭代次数少等特点。同时,该程序还能对货物放置不合理导致船体倾覆、无法调整平衡工况提出警告,并可给出相关的修改建议。

参考文献:

- [1] 李世国. AutoCAD 高级开发技术 ARX 编程及应用[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [2] 孙江宏,丁力伟,米洁. AutoCAD ObjectARX 开发工具及应用[M]. 北京:清华大学,1999.
- [3] 陈铁云,陈伯真. 船舶结构力学[M]. 上海:上海交通大学,1991.
- [4] 王杰德,杨永谦,等. 船舶强度与结构设计[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [5] IO. A. 斯曼斯基. 船舶结构力学[M]. 上海:上海科技出版社,1980.

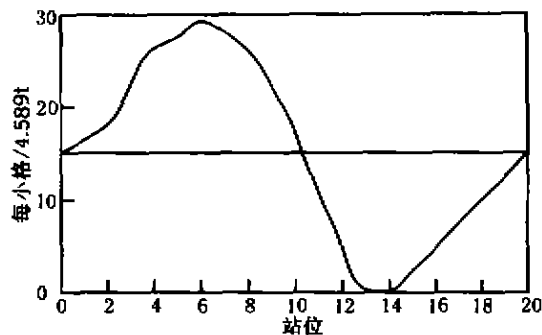


图6 剪力图

Fig. 6 Shear load curve

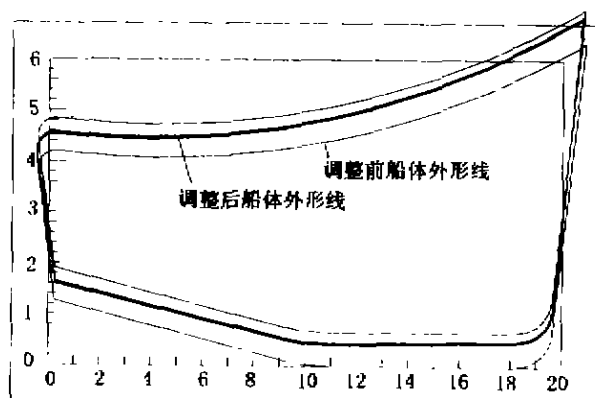


图7 动态仿真

Fig. 7 Dynamic simulation