

船模阻力虚拟试验教学系统开发研究

倪少玲^a,任政儒^a,李海涛^a,邵昊燕^b

(大连理工大学 a. 船舶工程学院; b. 继续教育学院, 辽宁 大连 116023)

摘要:依据大连理工大学船模试验水池多年试验数据,采用数值分析方法,结合船模阻力试验影视资料开发船模阻力虚拟试验教学系统,较为形象地模拟船模阻力试验,对船模阻力试验进行虚拟教学。该系统运用 Visual Basic 程序设计语言,采用了面向对象设计方法,结合可视化设计技术,使得系统具有良好的可维护性、扩展性和开放性。

关键词:阻力虚拟试验;计算机模拟;教学软件

中图分类号:U661.3

文献标志码:A

文章编号:1671-7953(2012)06-0034-04

1 船模阻力试验

船模阻力试验是将实船按一定的缩尺比制成几何相似的船模,在弗劳德数 Fr 相等的条件下,在船池中拖曳以测得船模阻力与速度之间的关系^[1]。

船模阻力试验中的试验模型由拖车拖曳。船模速度(拖车速度) V_m 按照如下公式确定。

$$V_m = V_s / \sqrt{\lambda} \quad (1)$$

式中: V_s ——实船航速;

λ ——实船与船模缩尺比。

试验中,按预先换算好船模速度启动拖车,当拖车达到给定速度且稳速时,进行阻力数据采集。阻力测量是采用专用的阻力仪,阻力仪输出信号,由动态信号测试分析系统将信号滤波、放大和 A/D 转换,由计算机进行数据采集。将采集的阻力曲线回放,截取平稳的一段,读取平均值(电压值),再乘以设备的标定系数,便可以得到相应航速下的阻力值。通常 1 个工况要测约 15 个试验点,得到阻力和速度的关系曲线,进行实船有效功率预报。

2 阻力虚拟试验概述

阻力虚拟试验教学系统是一种运用虚拟现实技术模拟真实船模阻力试验的计算机教学软件,

采用多媒体技术在计算机上建立虚拟实验室环境。试验平台见图 1。

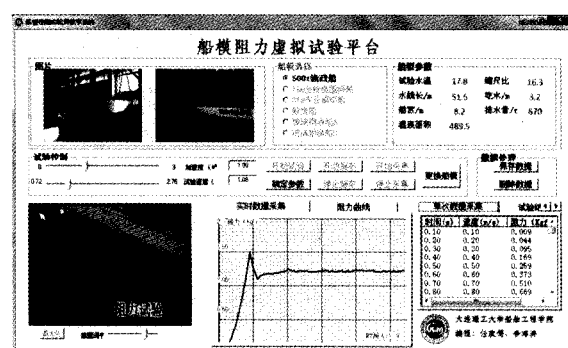


图 1 模拟试验界面

试验开始之前,首先选定船型,随之船模阻力虚拟试验平台上会显示出选中船模图片和船型参数。点击“开始试验”按钮,进行试验拖车加速度与试验速度的设置,然后点击“确定参数”。“开动拖车”,试验观测窗口会播放选中船型相应速度下阻力试验视频,学生可以清楚地看到船模运动状态及波形;点击“开始采集”,数据采集界面显示采集过程中的阻力曲线,同时数据表中显示采集阻力数据。点击“停止采集”,停止数据采集;点击“停止拖车”按钮,结束该速度下阻力试验,并计算和保存采集阻力数据平均值。重复上述过程,直到全部试验完成,生成完整的阻力曲线。点击“更换船型”按钮,可以继续进行其它船模的阻力试验。

3 虚拟试验功能实现

系统开发是基于 Visual Basic^[2] 开发环境,采用 CommandButton, Label, Textbox, Image, Picture-

收稿日期:2012-06-04

修回日期:2012-06-21

第一作者简介:倪少玲(1959-),女,大学,高级工程师
研究方向:船舶性能试验技术研究

E-mail: shlni@dlut.edu.cn

Box, ListView, WindowsMediaPlayer, TabStrip, Slider, Frame 等控件,界面紧凑,直观,易于辨识。系统共由 7 个模块组成。

3.1 船型选择模块

选择了 6 条试验模型,主尺度及试验条件见表 1。

表 1 6 条船模试验的主尺度及试验条件

	试验 水温/℃	船舶水 线长/m	型宽 /m	平均 吃水/m	排水 量/t	湿表面 积/m ²	淡水密度/ (kg·m ⁻³)	淡水粘性/ (m ² ·s ⁻¹)	海水密度/ (kg·m ⁻³)	海水粘性/ (m ² ·s ⁻¹)
500 t 渔政船	17.8	46.0	7.4	2.7	436.8	407.3	101.845 6	1.06×10 ⁻⁶	104.63	1.19×10 ⁻⁶
75 m 金枪鱼 围网船	19.2	68.9	12.8	5.0	2 644.2	1 105.1	101.818 9	1.02×10 ⁻⁶	104.63	1.19×10 ⁻⁶
37 m 专业 捕虾船	16.0	31.7	8.6	3.0	666.4	382.5	101.860 0	1.11×10 ⁻⁶	104.63	1.19×10 ⁻⁶
散货船	14.0	72.0	11.5	4.4	2 727.0	1 283	101.880 0	1.17×10 ⁻⁶	104.63	1.19×10 ⁻⁶
玻璃钢 渔船 A	17.8	15.16	3.8	0.85	24.59	58.1	101.845 6	1.06×10 ⁻⁶	104.63	1.19×10 ⁻⁶
玻璃钢 渔船 B	17.8	51.5	8.2	3.2	670.0	489.5	101.845 6	1.06×10 ⁻⁶	104.63	1.19×10 ⁻⁶

为了实现这些功能,船型选择模块采用了 OptionButton 控件(单选按钮),对应 6 条试验模型,选用了 6 个单选按钮构成一组,即 OptionX(X 为 1~6)。利用 OptionButton 控件特点,使 6 条船型选择上即相关又互斥^[3]。学生一旦选择某船模,该船模以特定颜色被激活,系统就会输出与船模相应的所有信息,包括船型的外型图片、试验图片、船型主要参数、试验速度范围和船模视频资料等。

3.2 人机交互模块

本模块是模拟拖车速度和加速度给定,加速度大小决定了拖车启动快慢,通常在高速时,选择大加速度,以获得长的测量段。

本模块输入拖车速度和拖车起动加速度,采用了 Slider 控件和 Textbox 控件,即有两种输入方式,滑动输入和文本输入。两种输入方式,滑动指示和文本显示均同时响应。

每种船型都对应有一定试验航速范围。所以在滑动条最左端显示选中船模试验最低速度,最右端显示了试验最高速度。如果学生输入的速度超出了试验速度范围,MessageBox 对话框会给予提示,并等待重新输入。

3.3 试验控制模块

本模块主要模拟试验设备操作,包括开动拖车,用拖车拖曳船模(视频)。程序编写上主要选用 CommandButton 控件,包括:“开始试验”、“确定参数”、“开动拖车”、“停止拖车”、“开始采集”、“停止采集”和“更换船模”等命令按钮。

3.4 试验数据拟合模块

为了通过有限的模型真实试验点数据给出任意速度情况下的模型阻力,对这些真实数据点采用拟合的方法给出每个船模的速度-阻力曲线关系,然后利用该函数求得对应速度下的船模阻力。

通过对实验数据的考察,在实验速度范围内模型实测阻力 R_m 与船速之间的关系采用三次多项式进行拟合^[4]。

$$R_m = b_0 + b_1 V_m + b_2 V_m^2 + b_3 V_m^3 \quad (1)$$

式中: V_m ——模型速度;

b_0, b_1, b_2, b_3 ——各项系数,拟合结果见表 2。

表 2 中标准差表征了数据的离散程度, R^2 为样本的测定系数,该值介于 0~1 之间,越接近于 1 说明函数的拟合程度越高。

拟合结果以及模型实验结果见图 2~7。

3.5 实时数据采集模块

本模块主要功能是模拟阻力仪输出信号,由动态信号测试分析系统,对信号进行滤波、放大和 A/D 转换,由计算机进行数据采集并实时显示试验数据曲线。本模块由两部分组成,试验实时显示采集阻力曲线和实验采集数据。

在船模阻力试验实测初始时,拖车加速启动,阻力急骤上升,随着拖车速度超调,阻力也超过了给定速度下的阻力值。

本系统选择的船模其阻力成分主要是摩擦阻力 R_f ,根据光滑平板紊流摩擦阻力计算。

$$R_f = \frac{1}{2} C_f \rho u^2 \quad (2)$$

表2 系数拟合结果

船舶		b_0	b_1	b_2	b_3	R^2
500 t 渔政船	拟合值	-6.738 64	16.304 78	-11.401 36	2.892 52	0.994 87
	标准差	1.515 97	3.002 70	1.827 71	0.347 16	
75 m 金枪鱼围网船	拟合值	0.135 35	-0.303 36	0.903 79	-0.056 01	0.999 49
	标准差	0.141 65	0.395 39	0.344 33	0.094 56	
37 m 专业捕虾船	拟合值	-0.009 84	1.506 40	-2.484 84	2.142 95	0.996 69
	标准差	1.160 66	3.121 78	2.594 56	0.672 62	
散货船	拟合值	-2.762 65	9.360 13	-8.897 81	3.469 92	0.997 69
	标准差	0.922 62	2.616 49	2.359 67	0.682 07	
玻璃钢渔船 A	拟合值	-4.202 10	12.752 84	-11.257 79	3.581 03	0.997 85
	标准差	0.944 32	2.188 98	1.528 99	0.328 45	
玻璃钢渔船 B	拟合值	-0.798 29	3.070 11	-2.996 89	1.391 03	0.999 73
	标准差	0.158 85	0.434 67	0.364 53	0.095 23	

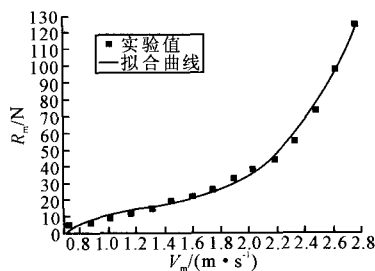


图2 500 t 渔政船

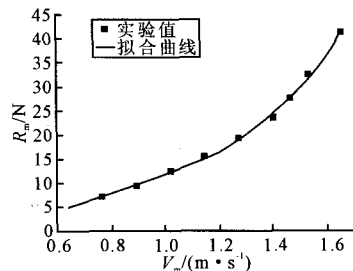


图5 散货船

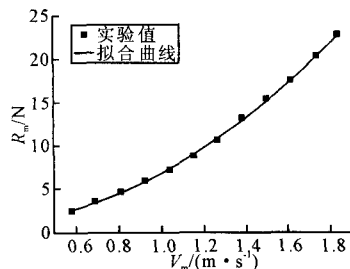


图3 75 m 金枪鱼围网船

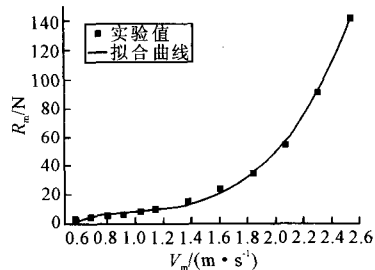


图6 玻璃钢渔船 A

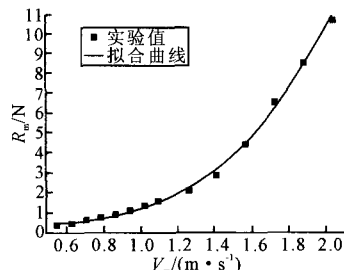


图4 37 m 专业捕虾船

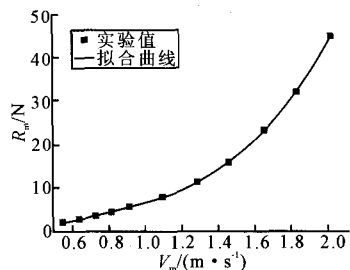


图7 玻璃钢渔船 B

式中： ρ ——流体密度；
 u ——速度；
 C_f ——摩擦阻力系数。
 C_f 采用 1957ITTC 公式计算。

$$C_f = \frac{0.075}{(\lg Re - 2)^2}$$

(3)

按上述公式,模拟拖车启动过程,做出平滑加速段曲线。加速段最大阻力值比理论值上调 10%,加速过程时间取决于给定拖车加速度和试验速度。

当速度回到给定速度值时,阻力值受多种因素影响在一个恒定值附近波动。所以在匀速段阻力试验曲线增加白噪声曲线。实测船模阻力实时采集曲线如图 8,船模阻力虚拟试验实时采集曲

线如图9。

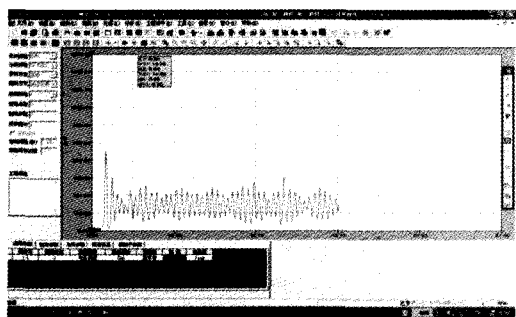


图8 实测船模阻力实时采集曲线

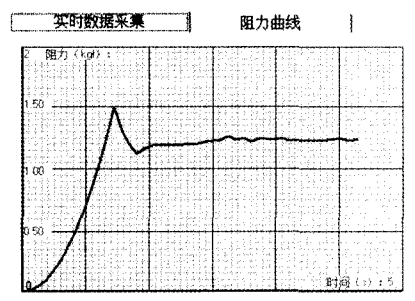


图9 模拟船模阻力实时采集曲线

本模块在同一画面上可以交替显示实时数据采集曲线和速度-阻力曲线,且带有记忆功能。

3.6 试验视频模块

船模阻力试验,不仅要获得阻力数据,而且要观测船体浮态及时周围的流动现象,如船模在运动过程中兴起波浪,船舶的波峰、船艏的波谷和船尾旋转涡等。

在虚拟试验中,系统采用播放试验视频来替代真实的船模运动。本模块视频全部采用大连理工大学船舶试验水池模型试验录像,保证试验的准确与真实。针对阻力试验的不同航速,采用了相应试验录像。视频文件为.mpg格式,采用循环播放方式。视频在播放时增加了视频最大化的功能,使学生能更清楚地观测到船模航行时状态。

3.7 数据及文件管理模块

本模块是模拟一次(或全部)试验结束后,读出试验数据,并将试验数据画出速度-阻力曲线,保存试验数据文件功能。

在实际试验中,经常会出现测量误差较大的试验点,需要删除,并重新进行试验。因此本模块具有人工“删除”和依据试验速度大小自动排序功能。

试验数据结果可以点击“保存数据”按钮,弹出保存数据界面。保存文件以.txt文件格式。

4 结论

1) 船舶阻力虚拟试验虽然不能完全代替真实试验,但是它却很接近真实试验。在虚拟阻力试验中,学生完全可以把自已置身于试验之中,一对一地进行,选择自己感兴趣的船型进行试验,也可选择多种船型进行比较试验,有助于对知识的理解。

2) 本系统具有良好的可维护性、扩展性,可以不断更新船型,这对于把学生带人造船领域前沿将起到积极的作用^[5-6]。

3) 船模阻力虚拟试验教学系统,不仅可以做为网络教学资源,也可以成为传统教学实验辅助手段。

参考文献

- [1] 伊绍琳. 船舶阻力[M]. 北京:国防工业出版社,1985.
- [2] 李玉林,马军,王岩. 零基础学 Visual Basic + SQL Server[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [3] 王汉新. Visual Basic 程序设计船舶阻力[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [4] 王言英. 船舶试验数据的回归分析[J]. 大连工学院学报,1980(13):101-114.
- [5] 倪少玲,王少新. 船舶阻力教学实验的计算机模拟与仿真[J]. 实验技术与管理,2003(6):41-44.
- [6] 倪少玲,宗智,李海涛,等. 重视实验教学提升学生创新能力[J]. 船海工程,2011(40):78-81.

The Teaching System Development of Vessel Resistant Virtual Experiment

NI Shao-ling^a, REN Zheng-ru^a, LI Hai-tao^a, SHAO Hao-yan^b

(a. School of Naval Architecture;b. School of Continuing Education,
Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116023, China)

Abstract: In light of the experimental datum of the tank in Dalian University of Technology, adopting numerical analysis method, combining with the video of resistance experiment, the teaching system of resistant virtual experiment was developed. The system can simulate experiment of vessel resistance vividly to carry out the virtual experiment. Visual Basic was the programming language. OOP method was adopted with the visual technology. This system was good in maintenance, expand and opening.

Key words: resistant virtual experiment; computer simulate; teaching software