

船模性能虚拟实验教学软件开发和应用

任政儒¹, 倪少玲¹, 李海涛¹, 李隆帆²

(1. 大连理工大学 船舶工程学院; 2. 大连理工大学 远程与继续教育学院, 辽宁 大连 116023)

摘要:为了最大程度模拟真实实验过程,船模性能虚拟实验软件系统引入了系统噪声和观测噪声等控制学参数,结合PID控制理论,可真实地还原实验的全过程。系统适用于船舶与海洋工程专业全日制、远程教育及普通高校船舶与海洋工程专业自选教学项目。该软件系统在教学实践中取得了很好的效果。介绍软件系统、系统构成及核心算法。

关键词:虚拟实验;教学软件

中图分类号:U661.3

文献标志码:A

文章编号:1671-7953(2014)01-0095-04

船模水动力性能实验是当前确定船舶与海洋工程结构物水动力性能的主要方法之一,大连理工大学船舶与海洋工程全日制本科专业设置船模性能实验必修课,一方面向学生讲授船模实验的相关知识,另一方面深化学生对船舶与海洋工程专业的整体认识与兴趣^[1-2]。由于船模实验所需最基本的船池、拖车和测量设备等初期投资大,后期维护成本高等诸多因素造成许多有船舶工程专业的高校因缺少船模实验水池而不能开设船模性能实验课,船舶工程专业远程教育更是如此。为此,设计船模性能虚拟实验系统,能最大程度地模拟真实船模性能实验,为学生提供一种更加高效、快捷、方便的船模性能实验模拟平台^[3-4]。系统具有良好的扩展性和开放性,便于今后持续更新船型^[5]和增加试验内容。本文主要介绍船模性能虚拟实验系统的开发环境、软件构成、软件界面、核心算法和教学效果。

1 软件系统介绍

本软件系统采用 Visual Basic 6.0^[6]开发。利用 Autorun 制作安装引导界面见图1。

收稿日期:2013-08-20

修回日期:2013-09-05

资助项目:大连理工大学远程与继续教育学院教学改革基金(WSY201301)

第一作者简介:任政儒(1989-),男,硕士生

研究方向:船舶工程

E-mail:shlni@dlut.edu.cn

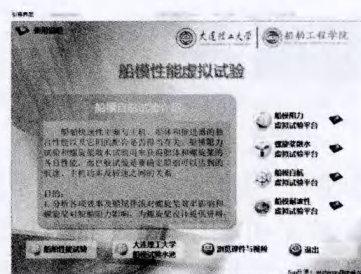


图1 软件引导界面

引导界面包含了软件介绍、实验介绍、虚拟实验平台链接及大连理工大学船模试验水池介绍等内容,同时可以打开安装包中的课件文件夹。软件采用 Setup Factory 进行打包,安装方便。安装后会生成桌面与开始菜单快捷方式,便于学生运行程序进行虚拟实验,安装过程界面见图2。

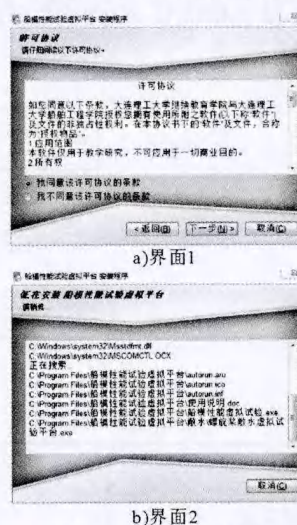


图2 软件安装界面

下面以自航实验平台为例介绍软件界面。软件欢迎界面、模拟实验界面及数据保存界面如图

3和图4。

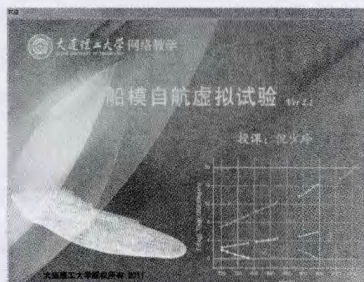


图3 软件运行欢迎界面



图4 模拟实验界面

实验界面可以通过船模选择模块中按钮组来快速选择实验船舶压载状况(如“满载”或“空载”)。对应的船型图片及此载况下的船型参数也会相应的发生变化。之后点击“开始试验”按钮,选择拖车速度,会自动显示此航速下摩擦阻力修正值。设定相应的螺旋桨转速,点击“确定参数”按钮。若参数设置有误会,有错误提示框提示错误,待使用者修改参数为合理范围时方可进入正常实验。点击“开动拖车和桨”按钮,视频模块会出现相应载况、拖车速度和螺旋桨转速下的实验影像,数据采集模块会生成实验曲线并实时

显示,右下侧单次实验采集数据会持续添加数据。待实验曲线保持相对平稳一段时间后,点击“停止拖车和桨”按钮,实验结束。同时,软件会自动跳转到实验结果页和自航曲线页,显示此次实验采集到的数据及绘制出曲线。更改螺旋桨转速和拖车速度,重复进行上述实验步骤,最终得到完整的自航实验曲线。

保存数据时默认文件名为此时所选船型、所选实验条件及实验时间的组合,默认存储位置为计算机桌面,可更改文件名和路径。文件自动保存成txt文件,文件中实验基本信息包括船型参数、载况、桨型及实验所得数据。

2 软件系统结构

软件由4个相互独立的实验平台组成,分别为船模阻力虚拟实验平台、螺旋桨敞水虚拟实验平台、船模自航虚拟实验平台和船模耐波性虚拟实验平台。每个虚拟平台包括船模(或实验载况)选择模块、人机交互模块、实验控制模块、实验数据拟合模块^[7]、数据视频模块和数据及文件管理模块等6个模块,系统结构图及模块与真实实验模拟对应关系见图5。

3 船模实验模型

软件所参考数据及影像资料均取自大连理工大学船模试验水池,实验数据真实可靠。目前软件系统选取6条船模和3个桨模,各船舶模型和螺旋桨模型参数见表1和表2。

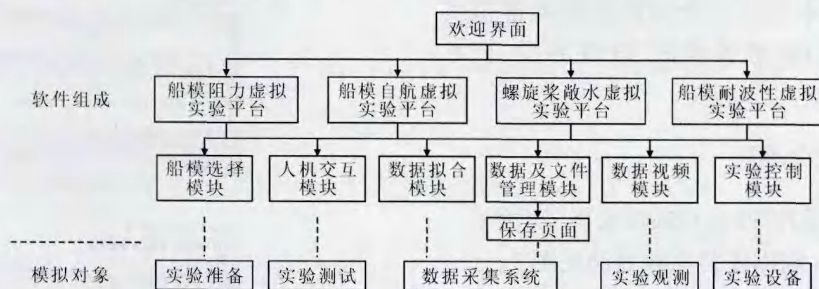


图5 软件界面系统结构

表1 选用船模基本参数

船名	模缩尺比	船水线长/m	型宽/m	平均吃水/m	排水量/tf	湿表面积/m ²
500 t 渔政船	12.5	51.5	8.2	3.2	670.0	489.5
75 m 金枪鱼围网船	20.0	68.96	12.8	5.0	2 644.2	1 105.07
37 m 专业捕虾船	10.8	31.7	8.6	3.0	666.4	382.5
散货船	16.3	72.0	11.5	4.4	2 727.0	1 283.0
玻璃钢渔船 A	5.0	15.2	3.8	0.9	24.6	58.1
玻璃钢渔船 B	8.0	23.1	5.8	1.5	101.0	164.8

表2 选用桨模基本参数

桨名	桨直径/m	桨叶数	螺距比	盘面比	毂径比	旋向	材料
KMM 桨原型	0.24	4	0.609 7	0.662 0	0.181	右旋	铝合金
MAU-4 桨原型	0.24	4	0.708 8	0.505 7	0.180	右旋	铝合金
可调距螺旋桨	0.23	4	0.999 0	0.639 0	0.274	左旋	铜

4 核心算法

为了更真实地模拟实验过程中的数据采集,在拖车控制和船舶工程等方面考虑了船模实验及控制学中各个参数对仿真实验的影响。在船模实验数据采集过程中,实际观测值为实际值与噪声之和,其中噪声包含系统过程噪声与观测噪声^[8]:

$$\hat{F}(t) = F(t) + \omega(t) + v(t) \quad (1)$$

式中: $\hat{F}(t)$ —— t 时刻观测值;

$F(t)$ —— t 时刻实际值,由已知数据的插值结果确定;

$\omega(t), v(t)$ —— t 时刻系统过程噪声向量和 t 时刻观测噪声向量。

假定 $\omega(t)$ 与 $v(t)$ 均为高斯白噪声过程, $\omega(t)$ 满足:

$$\begin{cases} E[\omega(t)] = 0 \\ E[\omega(t)\omega(t)^T] = q\delta(t - \tau) \end{cases} \quad (2)$$

$v(t)$ 满足相同的条件。

真实船模实验数据采集时采用低通滤波,故噪声影响不会很大。为了简化软件算法,本软件将 $\omega(t)$ 与 $v(t)$ 合并:

$$\omega(t) + v(t) = \sin[\sin(40t) \times 300] \times F/400 \quad (3)$$

在软件系统中对系统噪声和环境噪声的考虑,可以使实验曲线短时间内呈现波动特性,长时间保持相对稳定的统计特性,能更加真实地还原实际实验。

拖车启动加速过程,实际上就是一个PID控制过程。连续PID控制系统控制方程为

$$u(t) = Kp[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}] \quad (4)$$

式中: Kp ——比例系数;

T_i ——积分系数;

T_d ——微分系数。

为了在软件中充分表现出拖车在时域内单位时间间隔的观测过程,需要对公式(4)进行离散化。根据离散化条件:

$$\begin{cases} t \approx KT(k = 0, 1, 2, \dots) \\ \int_0^t e(t) dt \approx T \sum_{j=0}^k e(jT) = T \sum_{j=0}^k e_j \\ \frac{de(t)}{dt} = \frac{e(kT) - e[(k-1)T]}{T} = \frac{\theta_k - \theta_{k-1}}{T} \end{cases} \quad (5)$$

得到离散化后的PID系统基本公式如下:

$$u_k = Kp[e_k + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^k e_j + T_d \frac{\theta_k - \theta_{k-1}}{T}] \quad (6)$$

PID控制具有结构简单,稳定性好,工作可靠,调整方便等优点,并特别适用于工程实际应用中。软件中对拖车速度采用PID控制的设计不但更符合真实实验过程中拖车的运动情况,而且可以作为教师启发学生了解更多跨学科知识的重要手段。

5 结论

本系统已经用于大连理工大学船舶工程专业2009级和2010级全日制本科生自选实验项目教学中,通过学生实验报告和学生反馈,总结本系统在实际教学中的效果如下。

1) 满足学生主动探索的需求。船模性能实验需要船池和拖车等庞大设备,所以每次实验,一次只能容纳1个实验小组,1个小组至少10个人。另外,实验模型也只有1个,实验条件都是任课老师事先确定好的,所有人只有1个实验数据结果。利用本软件系统,学生可在实验平台上选择自己感兴趣的船型进行实验,得到自己的实验数据。学生在学习的过程中主动探索,主动思考,努力理解自己所学的东西,而不是死记硬背,被动接纳。

2) 激发学生潜在的学习能力。每个实验小组至少10个人,所以每个操作实验设备同学都是在众人注目下进行。这对于学习成绩或动手能力稍差的同学是一种考验,需要他们具备一定胆识。而这类同学在虚拟实验平台上,可以反复进行实验,最终拿到与其它同学不一样的实验结果,这对于他们,是一次能力的肯定,增强他们的信心。

3)调整学生的学习情感。本软件系统采用文字、曲线、音频和视频等多媒体优化组合的教学方式。与传统教学相比,具有新颖、愉快和轻松的特点。换一种学习方式,能够引发学生的学习兴趣,愉快地完成教学任务。

4)突破时空的限制。本软件系统可以挂在网上,学生可在实验室以外创造学习环境,可以在适合的时间进行学习。软件不但解决了学生学习地点与时间的不便,也减少了学生实验对于水池设备的占用时间,缓解了教学工作与常规科研工作的冲突。

船模性能虚拟实验软件系统经过2届学生试用,证明此软件系统完全满足船舶工程专业本科教学任务要求,同时该软件系统也应用于大连理工大学远程教育船舶工程专业本科教学中。

船模性能实验虚拟教学软件虽然不能完全代替船模实验,但在船模性能实验软件平台对开放性教学,提供个性化的学习内容起到一定的积极作用。它可以突破时空的限制,提供更多的学习机会,扩大教学规模,提高教学质量,降低教学成

本。尤其对远程教育和不具备进行船模性能实验能力的高校船舶工程专业本科教学有着更重要的使用价值和意义。

参考文献

- [1] 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(4):78-81.
- [2] 谢永和.提高船舶阻力实验教学质量,加强学生综合素质培养[J].浙江海洋学院学报,2007,26(4):479-481.
- [3] 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,2003,20(6):41-44,48.
- [4] 隋秀凤,倪少玲,杨杰,等.船舶阻力教学实验仿真软件开发[J].实验技术与管理,2005,22(3):73-76.
- [5] 倪少玲,任政儒,李海涛,等.船模阻力虚拟试验教学系统开发研究[J].船海工程,2012,41(6):34-37.
- [6] 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.
- [7] 王言英.船舶实验数据的回归分析[J].大连工学院学报,1980,19(3):101-114.
- [8] 付梦印,邓志红,阎莉萍.卡尔曼滤波理论及其在导航系统中的应用[M].北京:科学出版社,2003.

Development and Application of the Virtual Vessel Experiment Teaching System

REN Zheng-ru¹, NI Shao-ling¹, LI Hai-tao¹, LI Long-ji²

(1 School of Naval Architecture Engineering, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116023, China;

2 School of Continuing Education, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116023, China)

Abstract: During development of the virtual vessel experiment teaching system, the knowledge in cybernetics, such as system noise, observation noise and PID control theories were applied to maximize the similarity between practical and visual experiment environment. The software system is suitable for the distance education and optional teaching project in general universities of the naval architecture engineering. The interface, content, core algorithms of the software system were introduced, as well as the teaching effectiveness.

Key words: virtual experiments; teaching software