

7-2-2020

## Design and Application of Underwater Unmanned Vehicle Simulation System for Navigation and Obstacle Avoidance

Zheng Wei

*The 705th Research Institute, China Shipbuilding Industry Corporation, CSIC, Xi'an 710075, China;*

Qiming Zou

*The 705th Research Institute, China Shipbuilding Industry Corporation, CSIC, Xi'an 710075, China;*

Wenxi Ni

*The 705th Research Institute, China Shipbuilding Industry Corporation, CSIC, Xi'an 710075, China;*

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

---

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

---

# Design and Application of Underwater Unmanned Vehicle Simulation System for Navigation and Obstacle Avoidance

## Abstract

**Abstract:** Accurate navigation and location, effective detection and realtime obstacle avoidance are the bases of Underwater Unmanned Vehicle (UUV) for long voyage mission accomplishment. To achieve intellectual demonstration and validation functions of UUV, *which was studied on the base of integrated navigation model and dynamic obstacle-avoidance strategy on detection*, the systems analysis aimed to simulated object characteristics was accomplished. Besides, *models-component encapsulation method together with concurrent multi-thread simulation skeleton on discrete events was derived*, followed by designed UUV navigation and obstacle-avoidance simulation system, compartmentalized function modules and marked-out simulation flow. The simulation application of UUV was achieved to face different kinds of warfare which were assumed on math. The simulation results show that the UUV Simulation System well satisfies afforded UUV validate requirements of navigation and obstacle-avoidance simulation demo in varies.

## Keywords

UUV, integrated navigation, path planning, discrete event, multithreading concurrent

## Recommended Citation

Zheng Wei, Zou Qiming, Ni Wenxi. Design and Application of Underwater Unmanned Vehicle Simulation System for Navigation and Obstacle Avoidance[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(1): 91-98.

## 水下无人潜航器避障与导航仿真系统设计与应用

郑为, 邹启明, 倪文玺

(中国船舶重工集团公司第705研究所, 陕西 西安 710075)

**摘要:** 精确导航定位、有效探测和实时避障是水下无人潜航器执行远航程任务的基础。为了实现水下无人潜航器智能化功能的演示与验证, 在研究组合导航模型和基于检测的动态避障策略的基础上, 针对被仿对象的特点进行系统分析, 提出了基于离散事件的多线程并发的仿真构架和模型组件化封装思路, 设计了水下无人潜航器导航与避障仿真系统, 划分功能模块, 规划了仿真流程, 面向不同作战想定实现水下无人潜航器数学仿真应用。试验结果表明, 系统可以满足水下无人潜航器不同指标函数条件下导航与避障仿真演示验证需求。

**关键词:** 水下无人潜航器; 组合导航; 路径规划; 离散事件仿真; 多线程并发

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2016) 01-0091-08

## Design and Application of Underwater Unmanned Vehicle Simulation System for Navigation and Obstacle Avoidance

Zheng Wei, Zou Qiming, Ni Wenxi

(The 705th Research Institute, China Shipbuilding Industry Corporation, CSIC, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** Accurate navigation and location, effective detection and realtime obstacle avoidance are the bases of Underwater Unmanned Vehicle (UUV) for long voyage mission accomplishment. To achieve intellectual demonstration and validation functions of UUV, which was studied on the base of integrated navigation model and dynamic obstacle-avoidance strategy on detection, the systems analysis aimed to simulated object characteristics was accomplished. Besides, models-component encapsulation method together with concurrent multi-thread simulation skeleton on discrete events was derived, followed by designed UUV navigation and obstacle-avoidance simulation system, compartmentalized function modules and marked-out simulation flow. The simulation application of UUV was achieved to face different kinds of warfare which were assumed on math. The simulation results show that the UUV Simulation System well satisfies afforded UUV validate requirements of navigation and obstacle-avoidance simulation demo in varies.

**Keywords:** UUV; integrated navigation; path planning; discrete event; multithreading concurrent

### 引言

在现代高科技战争中, 为了尽可能地降低昂贵

平台的消耗以及减少人员伤亡, 大量的无人化军事装备在战争中得到使用。水下无人潜航器 (Unmanned Underwater Vehicle, UUV), 是一种主要以潜艇或水面舰艇为支援平台、能长时间在水下自主远程航行的智能化装置, 它可以携带多种传感器、专用设备或武器, 行使特定的使命和任务。被视为现代海军的“力量倍增器”, 其广泛的军事用途



收稿日期: 2015-07-27 修回日期: 2015-08-11;  
作者简介: 郑为(1974-), 女, 四川富顺, 高工, 研究方向为鱼雷系统建模与仿真技术; 邹启明(1979-), 男, 江西九江, 硕士, 高工, 研究方向为雷体特性建模与仿真; 倪文玺(1986-), 男, 江苏扬州, 硕士, 研究方向数学仿真。

<http://www.china-simulation.com>

已经受到世界许多国家的广泛重视<sup>[1]</sup>。近年来水下无人潜航器已经成为水下战装备研究和作战研究中的新热点,将在未来海战、警戒侦察、海洋搜救、中继通信等领域发挥不可替代的作用,特点表现为远离发射平台,航程越来越远,带载多种传感器/专用设备执行多功能协同应用。在其工作中要解决 3 个问题: 1) where am I? (定位); 2) where am I going? (终点的识别和跟踪); 3) How do I get there? (路径规划和运动控制)<sup>[2]</sup>。

由此可以看出精确的导航和定位对于水下无人潜航器能否完成作战使命至关重要,特别是远程作战水下无人潜航器。同时水下无人潜航器需要更高的智能化程度,通过和环境发生交互作用,有效探测和识别水下障碍物,支持完成指定任务。目前,针对水下无人潜航器的导航研究较为深入,主要集中在惯性导航/多普勒测速/GPS 组合导航方法、滤波算法和数据融合方面,也开展了相应的仿真研究,如文献[3]提出了将一种新的非线性滤波 cubature kalman filter(CKF),并对组合导航非线性模型进行了仿真。文献[4]则研究了一种采用惯性测量器件(IMU)、GPS 卫星定位导航模拟器、GPS 接收机、多普勒测速仪仿真装置、ADI/RTS 仿真工作站和水压模拟器构成的采用 SINS/GPS/DVL 组合导航方式的 AUV 导航半实物仿真系统。同时,路径规划方面的研究也取得相应进展,如文献[5]提出一种基于工程解耦思想设计的非线性迭代滑模航迹跟踪控制器,文献[6-7]则围绕模糊控制算法展开在水下机器人路径规划中的研究。就所能获取到的公开文献,只有文献[8]与本文具有一定的相似性,但其所谓导航是陆上定位并非水下无人潜航器所采用的组合导航,且在设计仿真软件时并未兼顾应用的扩展性。

水下无人潜航器导航定位和探测避障功能间耦合紧密,单纯孤立地研究某一功能不能准确表达水下无人潜航器精确导航条件下的动态避障性能。同时潜航器随需而变的应用需求,更多的是软性驱动的随需而变需求,协同仿真技术是很好地研究手

段。本文在建立导航与避障仿真模型的基础上,分析水下无人潜航器特殊仿真应用需求,设计开发了构架合理、可拓展、重用性强的仿真系统,支持快速添加和改变导航算法和避障策略,通过动态加载不同场景信息、布置障碍物,实现了水下无人潜航器从发射到回收全过程导航与避障协同仿真。

## 1 避障与组合导航仿真建模

### 1.1 避障仿真模型

路径规划根据环境信息的未知(部分未知)和已知分为局部路径规划和全局路径规划<sup>[6][9]</sup>,两者并没有本质的区别,局部规划只是把全局路径规划的环境考虑得更复杂一些,即环境是动态的。

智能化水下无人潜航器通过和环境发生交互作用,有效探测和识别水下障碍物,当环境发生变化时,在一定范围内自行调整自身行为,实施避障。探测的有效性和避障的实时性是水下无人潜航器建模研究的重点。

#### 1.1.1 前视探测模型

在对水下无人潜航器前视探测进行仿真时,前视探测器的视域范围是一个具有一定半径  $R$ 、一定水平开角  $\alpha$  和一定垂直开角  $\beta$  的空间立体扇形,探测器被安装在水下无人潜航器上,它相对固定的地球坐标系的描述随潜航器姿态和路径的变化而改变。在对空间目标点进行探测时只需要检测目标点坐标是否落在该立体扇区范围内,即可判断出前视声呐视域范围内有无障碍物目标。

检测动态障碍需要潜航器自身的运动信息(位置坐标,速度,姿态等)、动态障碍物的信息以及环境建模的先验信息,模拟输出探测器是否检测到障碍物的判断准则和相对速度与速度夹角。探测传感器是可以同时探测到静态与动态障碍物的,设  $R_{\min}$  为动态障碍物靠近静态障碍物能被识别的最小距离,动态障碍物在此距离之内时则不被识别。建立检测流程如图 1 所示。

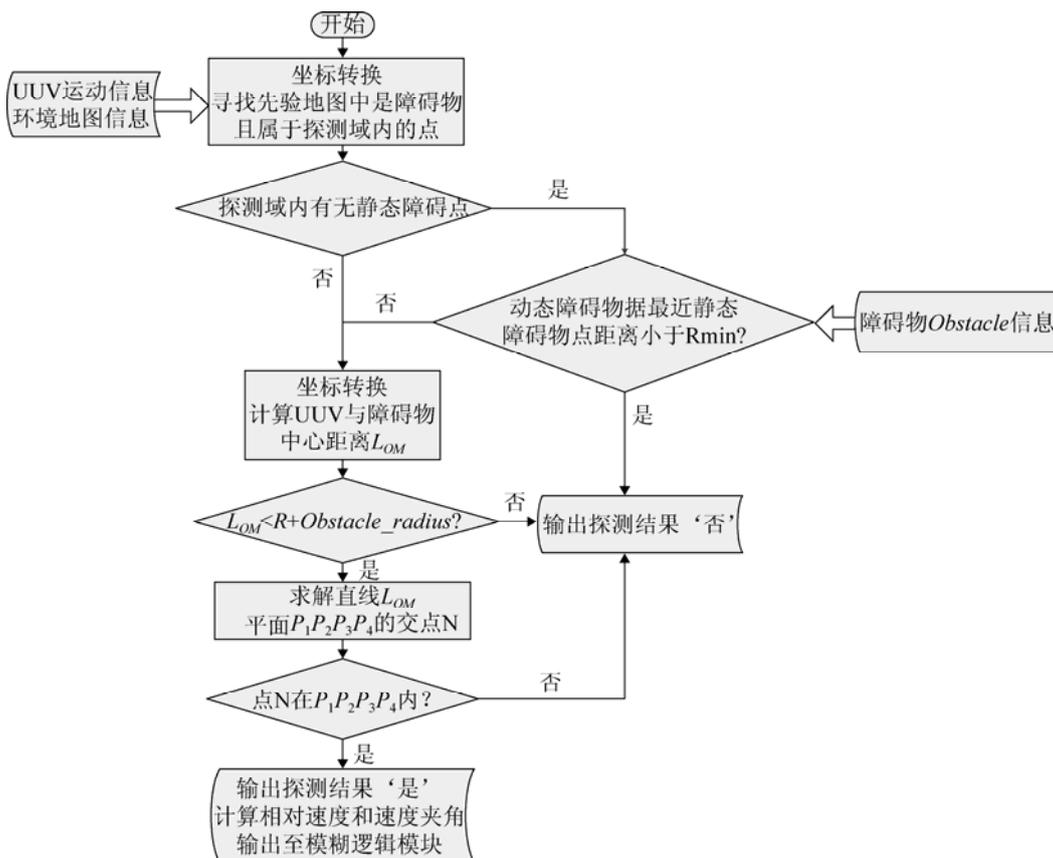


图 1 检测判断流程

### 1.1.2 实时避障策略

常用的局部路径规划方法<sup>[7]</sup>分为传统方法和智能方法, 主要包括人工势场法、模糊逻辑、栅格算法、神经网络算法等。其中, 常见的人工势场法容易陷入局部极小点, 导致不能到达目标位置。由于环境的复杂好无规律性, 建立精确的避障过程数学模型非常困难, 更多的目光投向了模糊逻辑控制算法。模糊逻辑控制算法的模糊控制本身所具有鲁棒性与基于生理学的感知—动作行为结合起来, 为移动机器人在复杂环境中的避障导航提供了新的思路<sup>[8]</sup>。将模糊逻辑控制算法与人工势场法相结合, 利用各自的优点对控制策略进行简化。模糊控制可以降低多变量控制的复杂性, 而势场法可以使被控对象具有良好的实时性。设计实时蔽障策略如下:

- Step 1: 设当前状态为 CL (正常);
- Step 2: 搜索探测移动障碍物, 若检测到未知

的移动障碍物, 得到相对速度和速度夹角, 则转下一步, 否则状态

设置为 CL, 退出实时避障算法;

Step 3: 模糊逻辑判断, 若判断结果为 CL, 转 Step 2; 若为 ES(逃避), 转 Step 4; 若为 ST(停机), 转 Step 5;

Step 4: 势场法躲避障碍物, 转 Step 2;

Step 5: 停止移动, 转 Step 2。

### 1.2 组合导航仿真模型

高精度导航定位不仅是水下无人潜航器获取有效信息的必要条件, 而且决定了其能否自主安全作业、顺利回收。单纯依靠完全自主的导航方式长时间航行条件下会造成导航累计误差, 惯性导航/多普勒测速/GPS 组合导航系统综合了惯性导航、多普勒测速仪、GPS 三者的优点<sup>[10]</sup>。但不同导航方式获取的信息需要融合、容错, 才能保证导航精度。目前应用较多的融合方法为卡尔曼滤波等。

## 1.2.1 仿真模型

当水下无人潜航器在水面时, 采用惯性导航/GPS 组合导航模式, 使用 GPS 对惯导系统初始化和校正惯性导航系统的输出; 下潜及海底巡航阶段, 选用惯性导航/多普勒测速组合实现侦察状态的导航, 通过定期上浮, 使用 GPS 对惯性导航/多普勒测速组合导航系统累积误差进行校正。

惯性导航/多普勒测速/GPS 组合导航系统误差状态方程为:

$$\dot{X}_I(t) = F_I(t)X_I(t) + G_I(t)W_I(t) \quad (1)$$

选用 21 阶状态矢量:  $\varphi_E, \varphi_N, \varphi_U, \delta V_E, \delta V_N, \delta V_U, \delta L, \delta \lambda, \delta h$  分别为捷联惯导的三维平台误差角、三维速度误差和三维位置误差。这九个量通过卡尔曼滤波获得其估计值, 然后用来修正惯导系统的输出。 $\varepsilon_{bx}, \varepsilon_{by}, \varepsilon_{bz}, \nabla_{dx}, \nabla_{dy}, \nabla_{dz}$  分别为陀螺仪的常值漂移、加速度计的常值漂移, 由于卡尔曼滤波要求系统噪声和量测噪声必须是白噪声, 而陀螺仪误差和加速度计误差都是有色噪声, 故采取状态扩充法处理, 将它们也列为待估计的状态量。 $\delta V_{dx}, \delta V_{dy}, \delta V_{dz}$  为多普勒测速仪的速度偏移误差,  $\delta C_{dx}, \delta C_{dy}, \delta C_{dz}$  为刻度系数误差。

根据惯导系统的姿态误差方程、速度误差方程、位置误差方程、陀螺仪和加速度计的误差方程, 得到

$$F_I = \begin{bmatrix} F_N & F_s \\ 0 & F_M \end{bmatrix}_{21 \times 21} \quad (2)$$

式中,  $F_N$  为对应捷联惯导的 9 个误差参数(3 个姿态误差、3 个速度误差、3 个位置误差)的系统动态矩阵, 它是(9×9)阶方阵。

根据位置量测矢量和速度量测矢量合并到一起, 得位置、速度组合系统量测方程:

$$Z(t) = \begin{bmatrix} Z_p(t) \\ Z_v(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_p(t) \\ H_v(t) \end{bmatrix} X(t) + \begin{bmatrix} V_p(t) \\ V_v(t) \end{bmatrix} = H(t)X(t) + V(t) \quad (3)$$

式中:  $Z_p(t)$  是位置量测矢量;  $Z_v(t)$  是速度量测矢量。

## 1.2.2 滤波器设计及信息融合

基于全局融合精度最高的考虑, 根据各子系统量测信息与总的量测信息之比进行自适应调整的最优信息分配方法, 采用了无反馈重置联邦滤波器(图 2)。该滤波器由 1 个主滤波器和 2 个子滤波器组成, 惯性导航系统与 GPS 组成子滤波器 LF1, 进行位置、速度综合。惯性导航系统与多普勒测速系统组成子滤波器 LF2, 进行速度综合。INS 为公共参考系统。LF1, LF2 均为普通的卡尔曼滤波器, 它们滤波的数据送入 MF 进行最终融合, 采用联邦滤波算法。

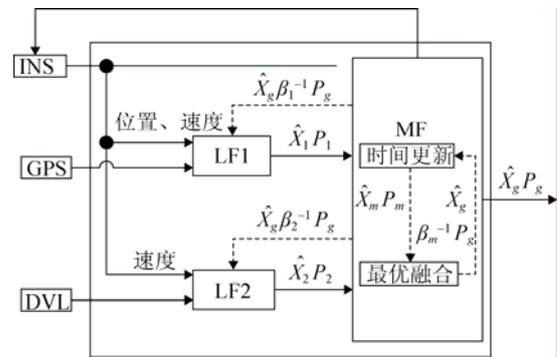


图 2 无反馈重置联邦滤波器体系结构

将滤波估计作为输出校正系统状态和量测方程, 由滤波方程得:

$$\hat{X}(t) = F(t)\hat{X}(t) + \bar{K}(t)[Z(t) - H(t)\hat{X}(t)] \quad (4)$$

$$\bar{K}(t) = P(t)H^T(t)r^{-1}(t) \quad (5)$$

$$P(t) = P(t)F^T(t) + F(t)P(t) - P(t)H^T(t)r^{-1}(t)H(t)P(t) + G(t)q(t)G^T(t) \quad (6)$$

$X(t)$  的估计误差定义为:  $\tilde{X}(t) = X(t) - \hat{X}(t)$ ,  $\tilde{X}(t)$  是惯导系统经过输出校正以后的状态。组合导航误差修正流程如图 3 所示,  $\tilde{X}(t)$  的动态特性可描述为:

$$\dot{\tilde{X}}(t) = [F(t) - \bar{K}(t)H(t)]\tilde{X}(t) + G(t)W(t) - \bar{K}(t)V(t) \quad (7)$$

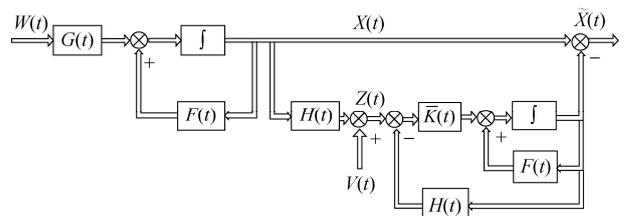


图 3 组合导航误差快速修正流程

## 2 仿真系统功能分析

水下无人潜航器导航与避障数学仿真系统旨在评估实时避障策略的有效性, 分析组合导航算法精度, 在不同作战海域、不同工况条件下实现从发射到回收整个工作过程的仿真。战场实体包括水下无人潜航器、静态障碍物和动态障碍物, 潜航器和动态障碍物周期性自主改变位置和姿态。各种初始参数包括战场环境, 任务信息, 静态和动态障碍物信息, 组合导航方式及其各导航方式误差等预先设置和动态加载。作为组合导航和动态路径规划建模验模仿真平台, 应具备良好的开放性和可扩展性, 在关键仿真模型与系统模型接口确定的条件下, 能够支持不同导航算法和避障策略的添加和更改。仿真过程中模型实时解算, 同步显示实体运动轨迹、惯导解算曲线、规划路径曲线, 并且以文件形式记录仿真过程重要数据, 仿真结束进行复现和误差分析评估。

## 3 仿真系统设计与实现

### 3.1 系统架构设计

对于水下无人潜航器避障与导航仿真而言, 其难点和关键点有以下几个方面:

#### 1) 仿真前:

针对工作海域和潜航器布放、回收和中间节点, 调用全局路径规划模型进行航行路线规划;

#### 2) 仿真中:

实时探测静态和动态障碍物, 依据探测结果调用局部路径规划模型和实时避障策略实现动态避障; 调用组合导航模型实现精确导航和定位; 调用自主控制模型实现稳定的姿态控制、路径跟踪控制和动态避障控制; 各个模型解算的实时性和同步推进; 重要过程数据显示与记录。

#### 3) 仿真后:

实现导航精度和避障结果分析。

针对上述关键问题, 面向实时高精度仿真需求, 对水下无人潜航器导航与避障数学仿真系统进行设计。基于离散事件的多线程并发体系结构, 将

不同功能组件划分为多个运行组, 每个组内采用离散事件仿真推进机制在一个线程内高速运行, 多个组对应的多个线程并行运行, 实现事件、时间、信息交互等管理, 支撑仿真模型高效运行。体系结构如图 4 所示。

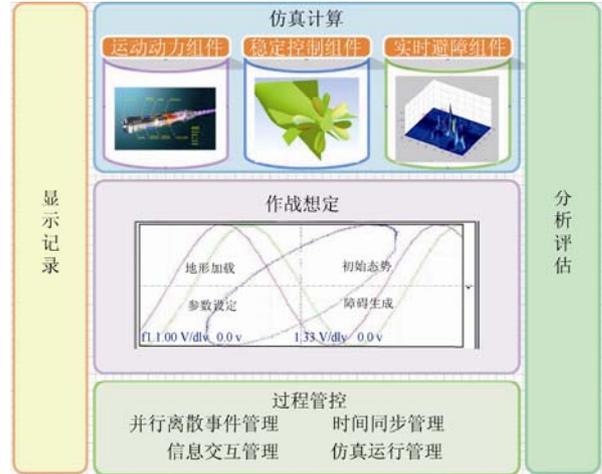


图 4 仿真系统体系架构

仿真系统模型部分采用功能组件方式构建, 每个功能组件具有特定功能, 包含数据和算法, 通过动态链接库形式挂接到系统框架中, 在仿真想定中可以独立添加或删除, 在接口明确的情况下, 便于系统的扩展。

### 3.2 功能设计

根据体系架构和功能需求, 设计水下无人潜航器数学仿真系统功能模块如图 5 所示, 工作界面如图 6 所示。

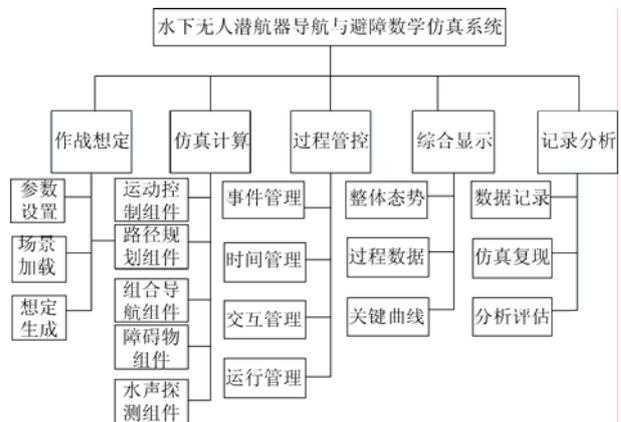


图 5 功能组成

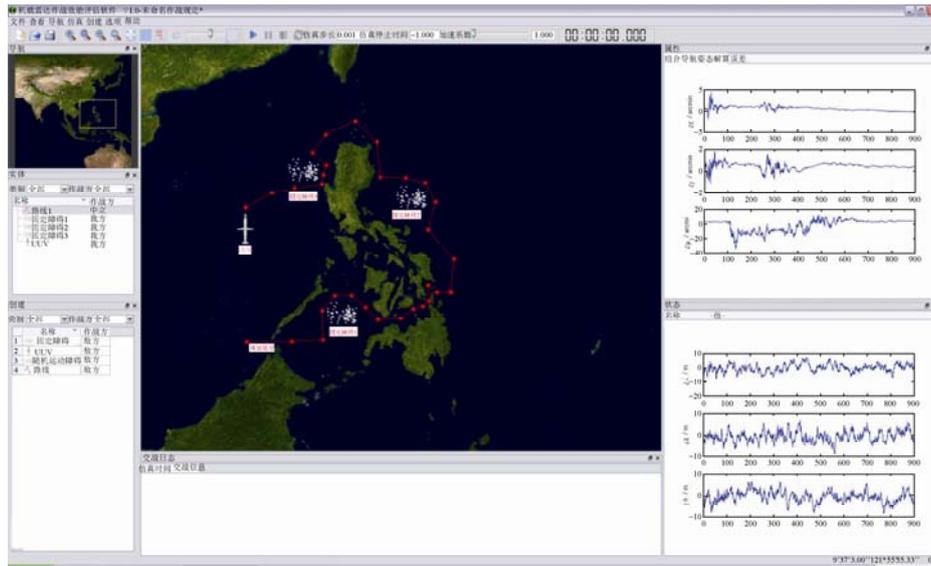


图 6 工作界面

- 1) 作战想定功能模块：仿真前实现仿真初始参数设置、战场环境加载和想定的生成；
- 2) 仿真计算功能模块：实时解算运动控制、路径规划、组合导航、障碍物、水声探测等功能模型；
- 3) 过程管控功能模块：仿真过程中实现并发离散事件管理、时间推进、信息交互管理以及仿真运行控制；
- 4) 综合显示功能模块：仿真过程中实现整体态势、过程数据以及关键曲线的显示；
- 5) 记录分析功能模块：记录仿真初值、重要过程数据，进行仿真复现，实现组合导航精度分析和路径规划性能分析。

### 3.3 流程设计

水下无人潜航器导航与避障仿真重点考虑技战术指标，覆盖发射到回收全过程以及低速巡航、水表悬浮、二次起控等不同工作状态。执行任务过程中基于组合导航、路径规划信息、水声探测信息实现姿态控制、路径跟踪控制，完成既定指标下的工作海域侦察。通过仿真系统提供的人机交互接口实现仿真作战想定，进行全局路径规划，实时调度水下无人潜航器模型，完成不同状态下的仿真、显示机记录等特定功能。仿真流程设计如图 7 所示。

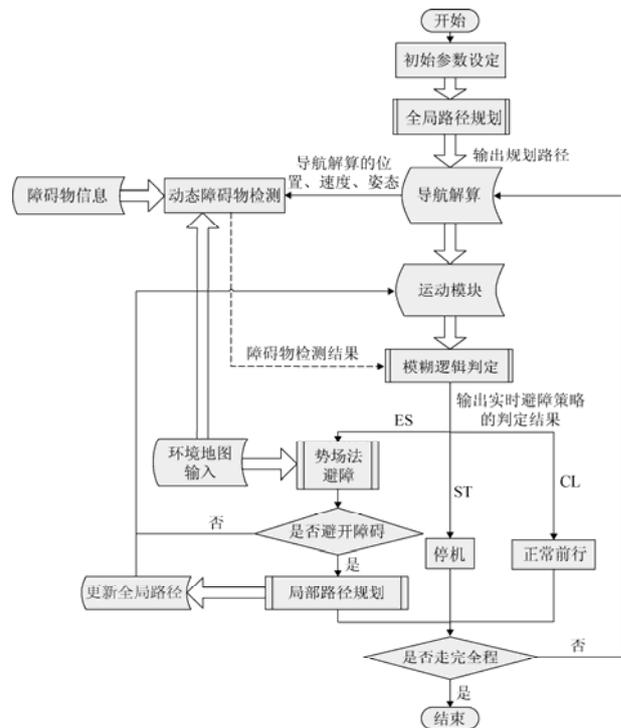


图 7 仿真流程

## 4 仿真应用

基于仿真系统进行了组合导航与动态避障仿真应用，仿真初始条件如表 1~2 所示。

表 1 起始点终点设置

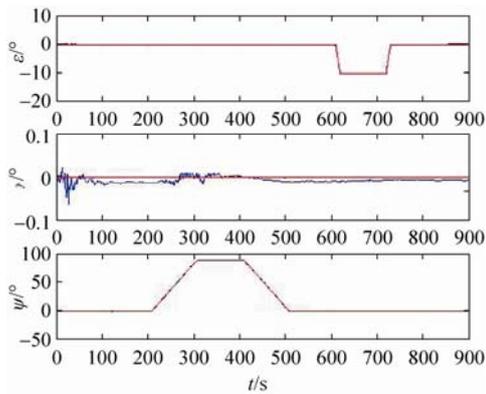
补充类型	X 轴坐标/km	Y 轴坐标/km	Z 轴坐标/km
起始点	0	-0.500	0
终点	9.800	-0.500	8.000

表 2 子目标点设置

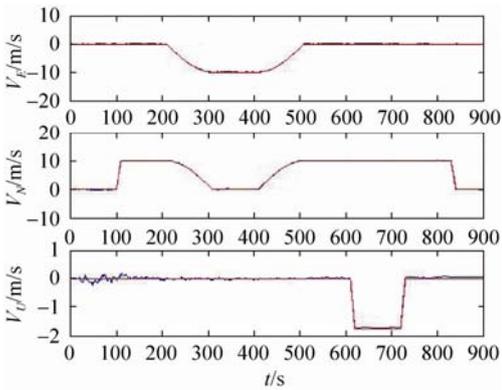
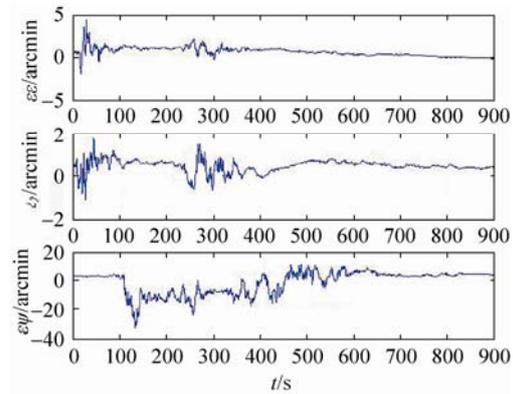
序号	X 轴坐标/km	Y 轴坐标/km	Z 轴坐标/km
1	3.206	-0.490	1.921
2	10.000	-0.460	5.368
3	6.270	-0.580	3.130
4	4.532	-0.590	5.662

陀螺仪和加速度计的采样周期 0.1 s, 陀螺仪常值漂移 0.002°/h, 纬度、经度  $\delta L(0), \delta \lambda(0)$  初始误差 5'', 速度误差  $\delta v_E(0), \delta v_N(0)$  0.1 m/s, 白噪

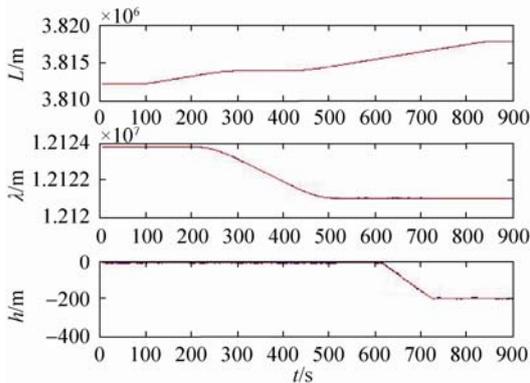
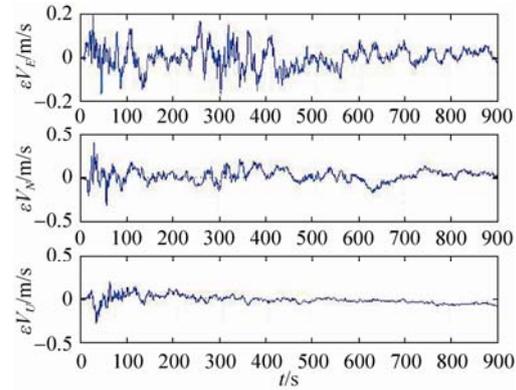
声随机漂移 0.01°/h; 加速度计偏置误差  $10^{-4}g$ 。白噪声随机漂移  $10^{-4}g$ ; 初始姿态角误差[30'' 30'' 90'']。惯导系统的姿态、速度和位置的更新周期均 0.1 s。GPS 接收位置误差 10 m, 测速误差 0.01 m/s。输出周期 1 s, 滤波周期 1 s。多普勒测速误差 0.01 m/s, 刻度系数误差 0.000 1, 更新周期 0.1 s。仿真结果如图 8~9 所示。



(a) 姿态输出及误差



(b) 速度输出及误差



(c) 位置输出及误差

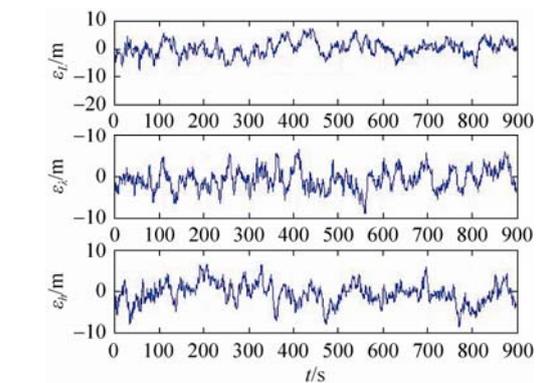


图 8 惯性导航/GPS 组合导航仿真结果

<http://www.china-simulation.com>

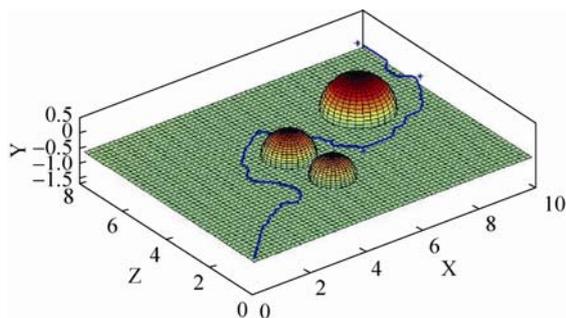


图 9 避障仿真结果

## 5 结论

本文应用基于离散事件的多线程并发体系结构构造数学仿真环境,解决精确导航条件下的路径规划和动态避障仿真问题,将结合模糊逻辑控制算法与人工势场法建立的动态避障仿真模型,以及依托无反馈重置联邦滤波器建立的组合导航仿真模型以组件的形式挂接到仿真构架,实现了水下无人潜航器导航与避障全过程仿真,结果显示,该数学仿真系统能够满足水下无人潜航器不同指标函数、海域、工况条件下导航与避障全工作过程仿真,实现实时避障策略和组合导航算法评估。

## 参考文献:

- [1] 孙碧娇, 何静. 美海军无人潜航器关键技术综述[J]. 鱼雷技术, 2006, 14(4): 7-10.
- [2] 陈炜峰, 薛冬, 周旺平, 等. 基于行为模糊控制的移动机器人路径规划[J]. 计算机测量与控制, 2004, 22(11): 3600-3602.
- [3] 孙枫, 唐李军. 基于 cubature Kalman filter 的 INS/GPS 组合导航滤波算法[J]. 控制与决策, 2012, 27(7): 1032-1036.
- [4] 王圣洁, 康凤举, 谢攀, 等. 基于 SINS/GPS/DVL 组合导航定位半实物仿真系统研究[J]. 计算机测量与控制, 2011, 19(6): 1475-1477.
- [5] 贾鹤鸣, 张利军, 程相勤, 等. 基于非线性迭代滑模的欠驱动 UUV 三维航迹跟踪控制[J]. 自动化学报, 2012, 38(2): 308-314.
- [6] 陈卫东, 李宝霞, 朱奇光, 等. 模糊控制在移动机器人路径规划中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(31): 221-223.
- [7] 李攀, 张超, 韩彩卫, 等. 动态环境下基于模糊逻辑算法的移动机器人路径规划[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013, 44(增 2): 104-108.
- [8] 刘磊, 许晓鸣. 自主导航避障移动机器人仿真软件设计[J]. 华中科技大学(自然科学版), 2011, 39(增 2): 196-199.
- [9] 张捍东, 郑睿, 岑豫皖, 等. 移动机器人路径规划技术的现状与展望[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(2): 439-443.
- [10] 赵宇德, 邹志勤, 王翌, 等. INS/Doppler/GPS 组合导航系统中航向误差的辨识[J]. 中国惯性技术学报, 2006, 14(6): 34-36.



## 《系统仿真学报》荣获“2014 中国最具国际影响力学术期刊”证书

由中国学术期刊(光盘版)电子杂志社与清华大学图书馆联合成立的中国学术文献国际评价研究中心,以美国汤森路透 Web of Science 收录的 1.2 万余种期刊为引文统计源,首次研制发布了 2012《中国学术期刊国际引证年报》(CAJ-IJCR 年报)。第一次给出了我国 5600 余种中外文学学术期刊总被引频次、影响因子、半衰期等各项国际引证指标,并采用了新的国际影响力综合评价指标 CI 对期刊排序,发布了“中国最具国际影响力学术期刊”(排序 TOP5%)和“中国国际影响力优秀学术期刊”(排序 TOP5-10%),在国内外学术界产生了较大反响。之后,2013 年版年报,将引文统计源期刊扩展到 1.44 万多种。目前,2014 版国际、国内年报与 TOP5%和 TOP5-10%期刊的遴选业已完成,《系统仿真学报》被列入“2014 中国最具国际影响力学术期刊”行列。

我学报连续 2 年被列入 TOP5%国内一流的中国最具国际影响力学术期刊,走向世界,进入国际一流,指日可待!