

无人船水深测量模拟训练系统设计研究

孙东磊, 刘天阳, 秦炎

海军大连舰艇学院, 辽宁 大连 116000

DOI: 10.61369/RTED.2025070035

摘 要 : 本文以无人船水深测量系统建设与应用为基础, 深入探索海道测量模拟训练平台的建设与发展, 展现出虚拟仿真技术在海洋测绘专业技术人才实验教学中的技术优势。

关 键 词 : 无人船; 模拟训练; 实验室

Research on the Design of an Unmanned Boat Water Depth Measurement Simulation Training System

Sun Donglei, Liu Tianyang, Qin Yan

PLA Dalian Naval Academy, Dalian, Liaoning 116000

Abstract : Based on the construction and application of the unmanned ship bathymetry system, this paper conducts an in-depth exploration of the construction and development of a hydrographic survey simulation training platform, demonstrating the technical advantages of virtual simulation technology in the experimental teaching of professional and technical talents in marine surveying and mapping.

Keywords : unmanned ship; simulation training; laboratory

引言

虚拟仿真技术又称虚拟现实技术, 涉及人机交互技术、人工智能技术、传感技术等^[1]。以其具有交互性、虚拟性、逼真性的特点, 在多个领域得到快速发展和广泛应用。由于测绘专业是一门实践性很强的学科, 特别重视学生理论与实践结合的能力, 使得虚拟仿真技术在这一领域应用效果更为明显。

一、建设思路与内容

海洋测绘工程实验室在“十三五”期间研制了面向水深测量教学训练的海道测量教学训练系统, 投入使用后得到教员认可和学员好评。为进一步拓展海道测量实验教学系统训练内容, 采用定制无人船模型、海洋重力仪仿真器、海洋磁力仪仿真器等教学设备, 以这些仪器设备基础, 将模拟仿真训练从水深测量拓展到海洋重力测量、海洋磁力测量, 全面实现了海道测量实验模拟训练教学, 进一步满足了海洋测绘专业人才培养的需求^[2]。

(一) 建设思路

模拟训练系统建设总体思路为: 面向海洋测绘技术与保障的全方位实验操作, 以仿真教学训练为切入点, 面向海洋测绘专业人才培养需要, 按照“功能整合、资源共享”的思路展开建设^[3]。

功能整合。为进一步提高实验室使用率, 在系统建设中将海道测量方向的海洋重力测量、海洋磁力测量、海洋工程测量等实验条件整合到无人船平台水深测量教学训练系统中, 进一步提高实验室整合度, 便于各类教学设备共享。

资源共享。在前期实验室建设过程中, 搜集了一定的海洋环境数据, 在本次建设中, 通过建设海洋环境数据分析辅助系统把各类数据进行整合, 对外提供数据与设备的共享服务, 从而更好地实现实验条件资源共享^[4]。

(二) 建设内容

无人船平台水深测量教学训练系统包括无人船平台水深测量子系统和海道测量教学训练子系统2个子系统。

1. 无人船平台水深测量子系统

无人船平台水深测量教学训练系统水深测量子系统建设内容包括定制无人船模型, 开发无人船平台水深测量教学训练软件, 采购工作站电脑。其中无人船模型上包含模拟测深仪、模拟侧扫声呐、模拟姿态传感器等设备, 工作站电脑用于安装无人船平台水深测量教学训练软件^[5]。

2. 海道测量教学训练子系统

海道测量教学训练子系统建设内容包括升级海道测量教学训练系统软件, 采购多屏工控机。海道测量教学训练系统升级内容包括增加海洋重力测量教学训练模块、海洋磁力测量教学训练模块、海洋工程测量教学训练模块(含水下流速剖面测量模块、水下声学超短基线定位模块、浅底层剖面测量模块、潮汐测量模块)。多屏工控机用于安装海道测量教学训练系统软件。

二、主要功能与应用模式

(一) 主要功能

1. 无人船平台水深测量系统结构原理示教功能。

主要是利用无人船模型展示无人船平台搭载的主要设备、工作原理以及无人船的结构。

2. 无人船平台水深测量模拟训练功能

主要是通过无人船模型上的各种水深测量仿真设备,实现无人船平台的水深测量模拟训练功能。

3. 海洋重力测量模拟训练功能

主要是利用采购的海洋重力仪仿真器,实现开展海洋重力测量模拟训练功能。

4. 海洋磁力测量模拟训练功能

主要是利用采购的海洋磁力仪仿真器,实现海洋磁力测量模拟训练功能。

5. 海洋工程测量模拟训练功能

主要是利用采购的水下超短基线定位系统、多普勒水下流速剖面仪、自动验潮仪、浅底层剖面仪和多屏工控机实现海洋工程测量模拟训练功能。训练内容包括水下超短基线定位模拟训练、水下流速剖面测量模拟训练、自动验潮模拟训练、浅底层剖面测量模拟训练功能^[6]。

(二) 主要技术指标

1. 拓展实验操作项目4项;新增多屏工控机8台,新增教学软件系统1套。

2. 无人测量船模型1个,搭载模拟姿态传感器、模拟多波束测深仪、模拟侧扫声呐。

3. “无人船平台水深测量实验教学”软件1套,包含1套无人船水深测量原始数据。

4. 海洋重力测量实验教学模块1个,该模块包括1个海洋重力仪仿真器、1个海洋重力测量实验教学软件模块,软件模块嵌入现有海道测量教学训练系统中。在现有海道测量教学训练系统上增加海洋重力测量科目的模拟训练,能够满足《海洋重力测量》《海洋重磁测量》课程中关于重力测量装备操作的实验教学需求。

5. 海洋磁力测量实验教学模块1个,该模块包括1个海洋磁力仪仿真器、1个海洋磁力测量实验教学软件模块,软件模块嵌入现有海道测量教学训练系统中。在现有海道测量教学训练系统上增加海洋磁力测量科目的模拟训练,能够满足《海洋磁力测量》《海洋重磁测量》课程中关于磁力测量装备操作的实验教学需求^[7]。

6. 海洋工程测量实验教学模块1个,能够满足《海洋工程测量》《海洋定位学》等课程中关于海洋工程测量装备操作的实验教学需求。软件模块包括1个水下流速剖面测量教学训练子模块、1个水下超短基线声标定位教学训练软件子模块、1个海底浅层底质剖面测量软件子模块(面向国产海底浅层底质剖面测量设备),1个潮汐测量软件子模块(基于自动验潮仪),海洋工程测量实验教学软件模块嵌入现有海道测量教学训练系统中。在现有海道测量教学训练系统上增加水下流速剖面测量、海底浅底层剖面测量、水下超短基线定位、潮汐测量科目的模拟训练,能够满足《海洋工程测量》《海洋定位学》课程中关于海洋工程测量相关实验教学需求^[8]。

(三) 应用模式

首先,教员指导学员通过观摩无人船模型以及模型上的传感器理解无人船平台海道测量的基本原理和设备构造。然后,在训练软

件中,模拟设定计划航线,操纵无人船按计划航线测量并练习无人船平台下基于远程桌面的海道测量方法。最后,结合配套的无人船平台水深测量数据,完成水深测量内容处理。通过这种实装示教、模拟操控、真实数据处理的方式完成无人船平台的水深测量训练。

在水深测量训练同时,可以利用多屏工控机完成海洋重力测量、海洋磁力测量、海洋工程测量训练。学员训练时,应先打开对应装备的仿真器,然后打开多屏工控机上对应的控制软件。学员操纵多屏工控机进行水深测量,同时输出位置信息给海洋重力测量仿真器、海洋磁力测量仿真器、海洋工程测量仿真设备,仿真器根据输入的位置生成对应的仿真重力数据、磁力数据、水下流速剖面数据、海底浅底层剖面数据,并发送给多屏工控机上对应的控制软件,进而开展相关模拟训练。

三、建设技术方案

(一) 训练系统组成结构

无人船平台水深测量教学训练系统包括无人船平台水深测量教学训练子系统和海道测量教学训练子系统。海道测量教学训练子系统与无人船平台水深测量子系统相互间是松耦合关系,主要设备的软件仿真功能一致,具体软件操作方法根据搭载平台的不同而有所区分。

无人船平台水深测量教学训练子系统包括1个无人测量船模型、10台 workstation 电脑,1套无人船水深测量平台教学训练软件;海道测量教学训练子系统包括8台多屏工控机,6个专用仪器设备(海洋重力仪仿真器、海洋磁力仪仿真器、浅底层剖面仪、自动验潮仪仿真器、水下超短基线定位系统、水下流速剖面测量仿真设备各1个)。

其中水深测量无人船模型通过定制无人船并更换部分测量设备为工控机而成,用于在室内开展无人船操控教学训练。具体结构图如图3-1所示:

海道测量教学训练子系统在硬件方面包括采购8台多屏工控机、1套海洋重力仪仿真设备、1套海洋磁力仪仿真设备、1套水下流速剖面测量仿真设备、1套浅底层剖面仪、1套自动验潮仪、1套水下超短基线定位系统;在软件方面通过对原有海道测量教学训练系统进行功能扩展,为其添加海洋重力测量、海洋磁力测量、水下流速剖面测量、浅底层剖面测量、潮汐测量仿真实验教学模块,与对应的硬件设备一起构成海道测量教学训练系统。系统组成结构如图3-2所示。

(二) 训练系统接口关系

无人船平台水深测量教学训练系统主要设备包括模拟无人船和无人船水深测量平台、海道测量教学训练系统。通过内部局域网将模拟无人测量船和无人水深测量平台连接。模拟无人船和无

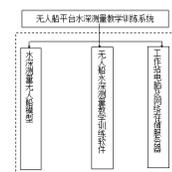


图 3-1 无人船平台水深测量教学训练系统组成结构图

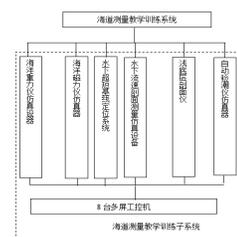


图 3-2 海道测量教学训练子系统组成结构图

人船水深测量平台各设备间物理接口关系。

(三) 无人船水深测量平台技术方案

1. 无人船模型制作

无人船模型的主要功能是静态展示无人船的结构,以及无人船上的设备连接情况,便于学员直观了解无人船的工作原理。无人船模型通过向无人船生产厂家定制采购完成^[9]。

2. 无人船载荷工控机制作

无人船载荷工控机是无人船上的核心,主要用于安装海道测量软件,并连接各种水深测量仪器设备实施测量。无人船模型上的载荷工控机是一个小型工控机,主要用于安装多波束测深仪控制软件、水深测量导航与数据采集软件。载荷工控机为多串口工控机,有4个串口和2个网络接口。无人船载荷工控机安装多波束测深仪控制软件和水深测量软件。

3. 模拟 GPS 实现

模拟 GPS 用来模拟无人船上的 GPS 接收机。模拟 GPS 是一个多串口小型工控机。作用是从网络接收水深测量设备仿真器发送的 GPS 定位数据(对应模拟无人船)及时钟数据,然后组合成标准的 GPS NMEA 0183 格式数据,从串口转发到无人船载荷工控机。

4. 模拟多波束测深仪

模拟多波束测深仪用来模拟无人船上的多波束测深仪干端。模拟多波束测深仪是一个多串口小型工控机。作用是从网络接收水深测量设备仿真器发送的水深测量数据(对应模拟无人船当前位置正下方),及 GPS 发送的时钟数据,然后组合成水深测量数据,再从网口转发到无人船载荷工控机。

5. 模拟姿态传感器

模拟姿态传感器用来模拟无人船上的姿态传感器。模拟姿态传感器是一个多串口小型工控机。作用是从网络接收水深测量设备仿真器发送的模拟测量船瞬时姿态数据(对应模拟无人船姿态),及 GPS 发送的时钟数据,然后组合成姿态测量数据,再从串口转发到无人船载荷工控机。

6. 水深测量设备信号仿真器

水深测量设备信号仿真器用来模拟无人船航行,并实时生成对应当前无人船位置处的 GPS 数据、水深数据和姿态数据,通过网络接口发送至无人船模型。

水深测量信号仿真器上所安装的仿真程序为海洋测绘工程实验分室前期建设成果—海道测量教学训练系统中的“多波束水

深测量综合”模块。该模块已应用于多个班次的海道测量实习训练,使用效果良好。

7. 无人船显控台

无人船显控台是对无人船完成技术准备、布设计划测线、实施测量的岸基设备。该设备与无人船模型一起从生产厂家定制采购。具体形式根据无人船的不同可选用台式机、平板电脑或者(工业)笔记本电脑。

显控台上所安装的显控软件界面与实际的设备一致,界面示意图如图 3-3 所示。



图 3-3 无人船显控软件界面示意图

无人船显控软件主要完成计划测线的布设。完成计划测线布设后,点击“点火”按钮,可以把布设好的计划测线以及设定船速通过网络发送到水深测量设备信号仿真器。仿真器随即控制模拟测量船沿计划测线开始航行。在虚拟仿真世界中,由于其场景与大型 3D 游戏中的场景相似,具有很好的互动性,这样可以大大提高学生的积极性和探索性。在互动操作体验中加强对专业理论的理解,增强实操体验,进一步提升学习效果。

8. 训练工作站

训练工作站是学员连接载荷工控机并实施测量的设备。根据无人船测量操作手册,在进行水深测量时,测量人员在工作站上通过远程桌面的方式登录到载荷工作stations上实施测量。考虑到测量时需要作业人员同时监控多波束测深仪和海道测量软件,因此每个训练工作站均配置了双显示器^[10]。

通过虚拟仿真,学生不仅能够更深入理解复杂的理论知识,还能在实践中提升自主探索与创新能力。结合实验室拓展建设项目,除建设无人船水深测量平台外,同步建设了水深测量仿真器、摄影测量仿真训练系统等项目,进一步丰富了实验教学手段方法,为海洋测绘专业教学提供有力支撑,下一步仍将继续在虚拟仿真训练方面深入挖掘,结合实作教学使用反馈情况,不断改进和发展已有虚拟仿真训练系统,为实验教学提供更加便利的环境条件。

参考文献

- [1] 崔阳. 基于虚拟仿真技术的高职测绘课程教学改革探讨[J]. 山西青年, 2023(14): 18-20.
- [2] 李琳, 梁昭阳, 丁荣荣. 虚拟仿真技术在无人机测绘实践教学中的应用[J]. 福建建材, 2022(5): 92-96.
- [3] 薛良翼. 虚拟仿真实验技术在教学中的应用研究[J]. 互联网周刊, 2024(11): 15-17.
- [4] 戴碧碧. 无人船在淮河河道断面监测中的应用[J]. 水利技术监督, 2024, (04): 26-30.
- [5] 王怀冲, 李彩琴, 王凯. 无人船测量技术在河道采砂可行性论证工作中的应用[J]. 治淮, 2023, (11): 26-27.
- [6] 冯学治, 杨德俊, 龚衡, 等. 基于无人船测深的城市水域蓄水量测量[J]. 城市勘测, 2023, (04): 126-129.
- [7] 刘胜震, 陈景涛, 张德成. 无人船测绘系统在矿坑水域测量中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2023, 46(03): 35-37.
- [8] 冀占伟. 无人船在水利工程测量中的应用与探讨[J]. 河北水利, 2025, (05): 40-41.
- [9] 张进宏. 无人船单波束测量在航道改造中的应用研究[J]. 珠江水运, 2025, (05): 126-129. DOI: 10.14125/j.cnki.zjsy.2025.05.026.
- [10] 陆响晖, 黄楚羽, 田野. 无人船在长江干线航道整治工程中的度汛观测应用[J]. 水运管理, 2024, 46(05): 12-14. DOI: 10.13340/j.jsm.2024.05.011.