

# 基于虚实交互场景的综合演训平台研究与实现

蒯 亮,董 岩,房志奇,闵晓霜,杨 跃

(中国电子信息产业集团有限公司第六研究所,北京 100083)

**摘 要:**近年来随着现场科学技术的迅速发展并广泛应用于军事领域,相关业务训练必将进行相应的改革,对专业知识化、新技术平台化、系统集成化等应用领域的要求亦将大大提高。由于训练内容日益增加,出现了训练内容加大及训练难度强化的必然趋势。实际场景下,由于受场地、设备、器械等原因无法开展相关业务的训练及全过程全要素的演练,故需要采用全新的科学技术手段,通过虚拟与实际相结合、演训与考核相结合等不断改革专业训练方法。通过虚实交互技术使训练方式的操作灵活性、便利性及易用性显而易见,也为新技术新设备的研发测试带来更安全更可靠的技术支撑。本演训平台充分运用模拟训练部署、模拟业务部署等方式通过网络、控制、仿真、光电等技术实现军事业务训练演练全过程要素应用,实现规范训练内容、提高训练质量、强化训练效果、衡量训练水平及检验训练成果等目的。

**关键词:**实物模型;虚拟仿真;业务训练;流程演练;过程评估;考核评估

中图分类号: TP393

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.223048

中文引用格式: 蒯亮,董岩,房志奇,等. 基于虚实交互场景的综合演训平台研究与实现[J]. 电子技术应用, 2022, 48(8): 101-106.

英文引用格式: Kuai Liang, Dong Yan, Fang Zhiqi, et al. Research and implementation of comprehensive training platform based on virtual and real interaction scenes[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(8): 101-106.

## Research and implementation of comprehensive training platform based on virtual and real interaction scenes

Kuai Liang, Dong Yan, Fang Zhiqi, Min Xiaoshuang, Yang Yue

(The Sixth Research Institute of China Electronics Corporation, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In recent years, with the rapid development of field science and technology and its wide application in military field, relevant professional training will be reformed accordingly. The application fields such as professional knowledge, new technology platform and system integration will also be greatly enhanced. As the content of training increases day by day, there is an inevitable trend of increasing content and difficulty of training. In actual scenarios, due to the site, equipment, equipment and other reasons, relevant business training and the whole process of all elements of the drill cannot be carried out. Therefore, it is necessary to adopt brand-new scientific and technological means, through the combination of virtual and practical, the combination of training and assessment and so on. Through virtual and real interaction technology, the operation flexibility, convenience and ease of use of training mode are obvious, and it also brings more secure and reliable technical support for the research and development of new technology and equipment. The platform makes full use of simulation training deployment, simulation service deployment and other methods to realize the application of elements in the whole process of military operational training and drill through network, control, simulation, photoelectric and other technologies, to standardize training content, improve training quality, strengthen training effect, measure training level and test training results.

**Key words:** physical model; virtual simulation; business training; process drills; process assessment; examination and estimation

### 0 引言

习主席签署中央军委命令,向全军发布开训动员令,引领激励全军官兵实战实训、按纲施训、从严治训,不断深化新时代练兵实践,掀起大抓实战化训练新高潮。各单位积极贯彻落实习主席重要指示,适应新时代练兵备战要求,加快推进新型军事训练体系建设,切实加强实

战化训练,坚持训战一致的原则,强化险难科目训练,加强全建制、全员额、全装备、全内容、全过程的训练和演练,使军事训练真正成为未来的“预实践”<sup>[1-3]</sup>。

本演训平台为贯彻落实军事训练体系要求而设计,借助虚拟仿真系统和设施设备实物缩比模型、实装操作装置等软硬件,面向岗位操作、测发流程模拟演练的系

统平台<sup>[4]</sup>。平台具有综合、实景、开放和虚实交互等特点,覆盖测试发射的全流程、全专业、全岗位的培训、训练、演练体系。平台按照紧贴任务、紧贴装备、紧贴岗位培训要求实现从原理认知到模拟操作至实装操作的学习与实践过程,开展专业设备结构原理认识、岗位模拟操作训练、典型任务实装演练,实现训战一致、试训一致的军事任务的全流程、全要素综合演练。

搭建实装操作系统<sup>[5]</sup>、实装模型系统<sup>[6]</sup>、虚拟仿真系统<sup>[7]</sup>、通信监显系统<sup>[8]</sup>四大系统,构建“训练、演练、考核评估”的一体化平台。平台架构如图1所示。采用训练、演练、考核3种模式,培养人员操作能力、指挥协同能力及应急处置能力。通过本平台建设,构建人在回路、虚实交互<sup>[9]</sup>的训练系统,形成覆盖测试发射全专业、全流程、多岗位的训练能力;培养人员操作能力,锻炼人员指挥协同能力,锤炼人员应急处置能力;实现业务人员执行相关任务能力,实现业务人员在训与在岗的无缝衔接。

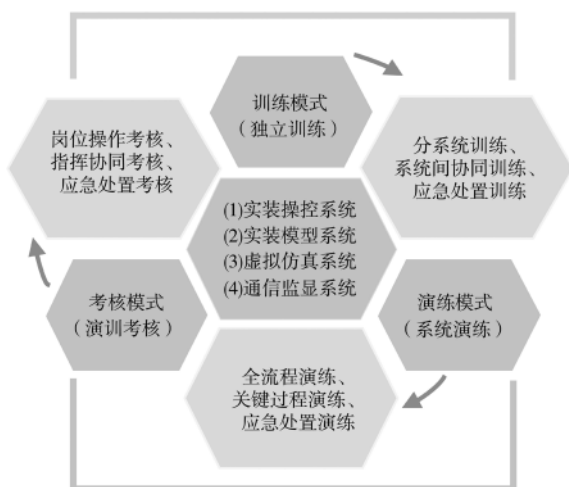


图1 综合演训平台体系架构

## 1 技术背景

### 1.1 虚实交互

虚实交互技术是新兴的综合信息技术<sup>[6]</sup>,融合了数字图像处理技术、多媒体技术、计算机图形学技术、传感器技术等多方面技术。通过计算机图形学构成二三维数字模型,生成视、听、触觉一体化的现实场景的虚拟环境,视觉上可以体验到逼真的效果。借助必要的设备以自然方式与虚拟环境中对象进行交互和影响,得到实时虚拟环境中设备显示过程及反馈信息,完成现实中因环境、场地、设备等限制无法做到的操作效果和操作过程。

本演训平台为军事业务领域相关人员依据航天发射场相关内容并按照训练管理要求而设计<sup>[1-2]</sup>。搭建设备功能模型与实装控制系统作为平台实物部分,研制仿真模型与考核评估系统作为虚拟仿真部分。结合计算机通信技术及控制操作技术共同实现训练及演练。设备功能模型即物理模型,具备与发射场真实设备相同功能,

作为受控对象,参与控制系统试验验证。模型包括塔架结构和可驱动的回转平台、塔吊、电缆摆杆等。实装控制模拟发射场具体岗位下的实际操作装置,利用真实的显示屏、控制设备、操作面板、指示仪表等作为输入前端,真实反映实际岗位操作界面和操作模式<sup>[9]</sup>。将多种典型发射任务实装操控台界面功能布局集成在一个操控台上,实现对不同任务型号对应设备的仿真操作。对于不同型号、不同发射场使用的不同操控台界面布局,通过在操控台上进行分区,采用多位开关实现任务型号/发射场切换。仿真模型涵盖发射场现场设备操作训练仿真(设备/岗位层次)、综合演练仿真(任务层次)2个层次的内容。训练仿真层次针对发射场各系统岗位划分和设备操作流程,为业务人员提供流程化定制化和训练模式化。仿真训练根据任务协同程序,系统性定制岗位协同训练操作模式,业务流程固化统一。相关每个层次内都包含训练、演练、考核及评价。原理如图2所示。

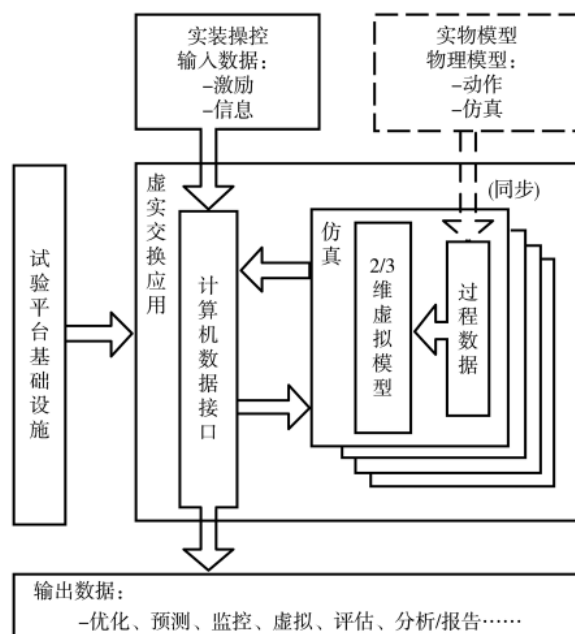


图2 虚实交换原理说明

### 1.2 国产操控平台

工业控制系统作为关键基础设施的核心控制中枢,是国民经济和国防安全的命脉,是我国网络安全战略的重要组成部分<sup>[10]</sup>。发展工业控制系统自主安全技术,着力提升关键基础装备自主安全水平,努力破解核心技术被国外厂商制约的困局,构筑自主安全的工业控制系统生态环境,是保护信息安全的重要目标之一,是国家坚持的战略任务<sup>[4]</sup>。本演训平台中控制系统依据上述全部采用国产自主安全产品研发<sup>[5]</sup>。控制系统中包含硬件和软件两部分,硬件控制器从CPU芯片到操作系统等核心组件全部采用国产自主产品。基于高可靠性高可用性、可信启动、内存监控、高速总线、控制站多站联网、

运动控制等关键技术研制,实现具备冗余功能的安全及可控产品,具有完全自主知识产权,符合国家军用标准,且具备信息安全防护功能。软件上实现国产麒麟操作系统自主化开发,搭建软件环境,进行软件架构设计,使用软件集成应用技术及操作系统技术,完成软件可靠性和安全性设计、软件界面设计等并依托于国产数据库适配。通过国产操作平台设计可实现设备安全、平台安全、数据安全和通信安全等多方面核心关键内容。

### 1.3 软件架构

软件架构设计遵循满足功能需求和非功能需求,满足实用性、使用性、复用性、成本控制及质量控制等原则。本平台软件依托 B/S 架构的层次化架构设计模式实现。软件系统的输入、处理、输出流程进行分离并抽象为控制器、模型、视图 3 个模块,实现业务逻辑层、数据库访问层和用户界面层之间在彼此分离的同时仍保持松散的耦合关系,增加了灵活性和可扩展性,使系统结构清晰、设计简化。软件架构如图 3 所示。

(1)数据访问层:负责数据库的访问,可以访问数据库系统、二进制文件、文本文档或是 XML 文档。主要是对原始数据的操作层,为业务逻辑层或表示层提供数据服务。

(2)业务逻辑层:针对数据层的操作,对数据业务逻辑处理,是系统架构中体现核心价值的部分。关注点主要集中在业务规则的制定、业务流程的实现等与业务需求有关的系统设计,与系统所应对的领域逻辑有关,更细致划分为应用层与领域层。业务逻辑层在体系架构中处于数据访问层与表示层中间,起到了数据交换中承上启下的作用。

(3)表示层:用于显示数据和接收用户输入的数据,为用户提供交互式操作的界面。主要通过 Web 方式,为上述层级完善地提供服务。通过分层式设计可以达至如下目的:分散关注、松散耦合、逻辑复用、标准定义。

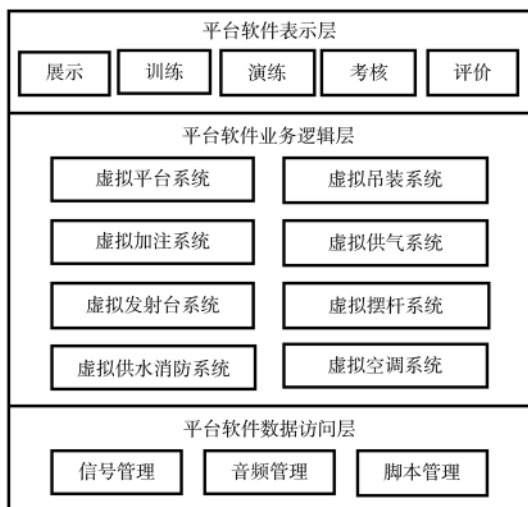


图 3 软件分层设计

## 2 平台设计

### 2.1 总体设计

通过实物仿真与虚拟仿真两种技术手段相结合,借助实装模型系统、实装操控系统、虚拟仿真软件对火箭测试发射岗位人员进行独立训练。训练模式分为正常训练及应急训练。基础学习内容可通过授课方式完成示范及分布指导,使人员能够自主学习。自主学习过程中了解航天发射场地面系统中各设备简介、性能参数、使用环境等并能操作设备,掌握设备正常动作状况及发生故障过程,排除故障方法。

演练组织者总体协调并发送指令,各岗位、各专业进行协同演练。根据发射场火箭发射流程,统一调度并指挥人员依次完成所负责岗位内容。演练模式分为常规演练及应急演练。根据预先制定,脚本及操作流程设置于虚拟软件库中。演练开始阶段总体调度完成任务部署、任务下发、角色分配及综合管理等功能。实装操控系统完成航天发射地面各分系统的设备控制、数据传递及任务流程互通等功能。实物模型系统完成发射塔架相关设备运行、数据上传及与虚拟仿真的连接等功能。通信监显系统完成数据展示、流程展示、任务展示及其他数据展示等,以三维图形及二维图形进行切换显示。

应急演练内容要求除完成正常演练过程外,需要完成发现故障,排除故障并正常执行到演练结束。正常演练中,通过虚拟软件已编制故障脚本中设置故障。参与演练人员发现故障后立即停止,进行排故任务,直到任务排除后,继续演练过程直到演练结束。虚拟仿真软件具备考核打分功能,对人员训练演练过程中各项任务进行量化考核并形成成绩清单,便于针对性评判,对不合格者可进行修补学习。功能组成如图 4 所示。

### 2.2 硬件组成

本平台对标军事航天领域搭建。发射塔架是发射场的核心设施。塔架的主要任务是为火箭、卫星对接、测试检查、加注、瞄准等提供工作场所,敷设及支撑地面与火箭、卫星的气、液、电等管路电缆及插头连接,提供地面电源和安置发射系统的前置设备。发射塔架一般包括塔体结构、回转平台、升降工作平台、推拉平台、塔吊、电梯、工作间及供配电、空调、消防、加注、供气、自控和通信等系统。发射场设置相应的测发岗位,完成上述设备操作、维护和保障工作。

实物模型系统与发射场真实设备相同,基于系统功能需求,等比例缩小发射塔架尺寸,展现塔架的结构外形、工艺布局和设备组成。配置可驱动的塔吊、平台、摆杆等模型装置模型实现系统功能。实模型系统全部参考现场塔架各系统及结构而设计,具备训练演练过程中对塔架系统教学、流程学习及实际操作等内容。

装操控系统是将发射场测试发射岗位的实际操作控制台进行整合、分类。遵循实际操作习惯,采用与实际



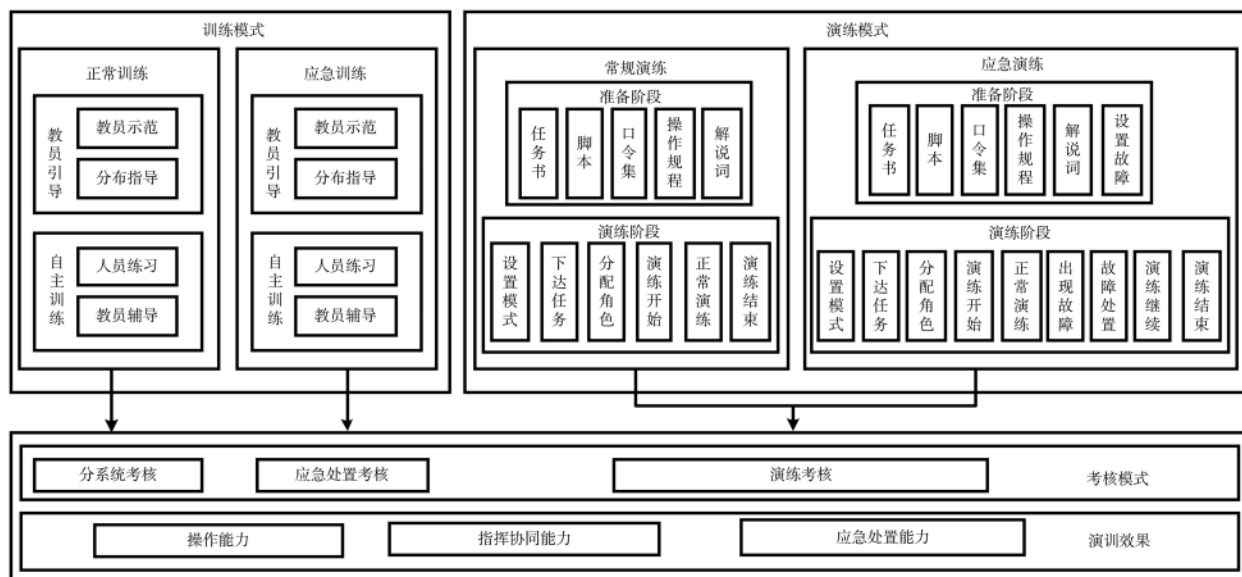


图4 平台功能划分

装备相同的 PLC、触摸屏、上位机等设备进行搭建,真实反映实际岗位的操作界面和操作模式,辅助完成士官测发流程训练、演习和考核。实装操控系统分别由平台、摆杆、吊装、发射台、加注、配气、供水消防和空调等控制台组成。系统设计如图 5 所示。

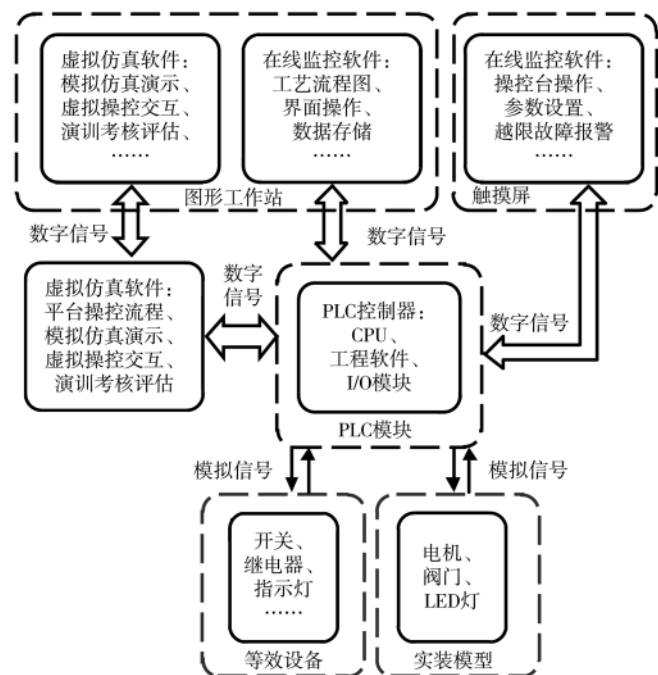


图5 操控系统设计原理

控制程序和上位机监控界面包括 4 个发射场涉及装备和对应的任务型号,不同任务型号之间的操作切换通过切换开关或触摸屏等实现。控制台配置图形工作站、触摸屏、操控台、PLC、摄像头、等效设备等。图形工作站采用双屏配置,分别用于上位机组态和演练系统终

端。触摸屏用于操作输入、参数设置和模式切换等。摄像头用于演练过程监控。等效设备用于系统信号测试和匹配。PLC 用于设备逻辑控制和信号采集传输。利用真实的显示屏、操作面板产生控制指令。操控模式、作业流程与现场保持一致,能够接收并显示反馈的模拟信号数据。操控台的操作界面设计考虑发射场的差异与共性,在现有发射场操作界面的基础上通过在实装操控台面板进行分区分组及兼容性设计,通过切换开关切换任务场景。控制台操控界面如图 6 所示。



图6 控制面板实物图

通信监显系统提供网络数据通信、程序调度、视频监视、大屏幕投影等设施。其中演练中心投影用于显示训练和演习过程和操作视频等。通过大屏幕对演练过程进行监控了解各不同岗位人员的操作情况。通过提供对训练过程数据通信与显示,将测发流程的进展情况及操控台、实装模型设备实时状态信息显示在大屏幕上并对操控动作和过程进行实时监视及记录。

### 2.3 软件设计

虚拟仿真分系统为平台所有软件的集合,涉及设备操作训练仿真、综合演练仿真 2 个层次的内容,每个层次内包含训练、演练、考核及评价。系统围绕发射任务,构建集训练、演练、考核、评价一体的演训导控平台,共

完成导调软件、过程控制软件、考核评估软件、训练管理软件等开发内容。设备操作训练仿真,半实物仿真与数字仿真结合,进行各岗位操作训练。半实物以控制台实体为主,操控对象和反馈效果以虚拟场景仿真为主。软件组成如图7所示。

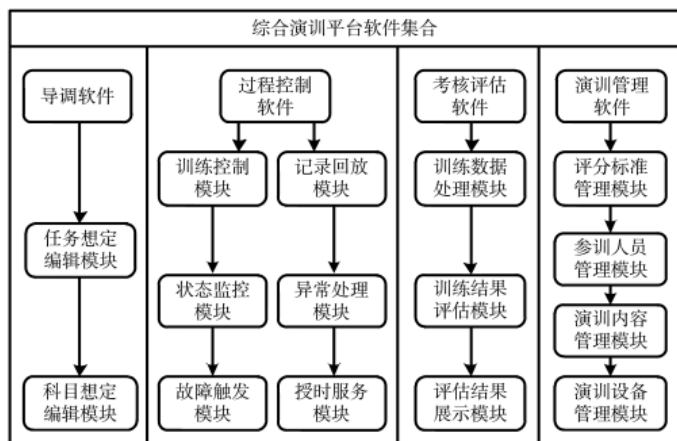


图7 虚拟软件组成

软件设计覆盖从仿真开发、仿真部署、仿真运行到仿真评估等系统仿真的各个阶段,实现了对系统仿真应用全生命周期的支持。本平台借鉴MDA思想,采用面向仿真组件开发的方法,支持组件组装,提供仿真应用开发,运行所需的一系列工具,能够与第三方仿真工具集成,构建了全新的开放式一体化仿真开发体系结构,提高了仿真模型的重用性,优化了仿真开发流程,简化了仿真模型的开发过程,降低了仿真开发难度。系统仿真引擎基础功能采用Unity 3D进行开发,对三维仿真、模型管理等功能进行开发,并将其封装为组件和微服务,在系统平台中灵活调用。

(1)场景加载模块:场景对象指任何在当前场景中处于激活状态的物体。一个虚拟场景由多个场景对象组成,每一个场景可拆分成多个组件。组件本身包含着许多变量,可以后续添加变量,通过调整变量,可对场景对象行为进行控制。场景对象可以在Hierarchy(层次面板)中建立父子级关系。把工程面板资源文件,如模型、预制拖到当前场景中变成场景对象。通过地形数据、高程信息和建筑数据构建三维环境,并将对象信息进行添加,通过仿真模块和模型实现特定场景的建立,并基于仿真算法实现基于特定对象仿真。

(2)物理引擎:通过为刚性物体赋予真实的物理属性方式模拟真实物体碰撞、跌落等反应。使用Unity 3D完成物理引擎使虚拟中物体运动符合真实物理定律,使虚拟模型更具使用价值。Unity 3D内置了Nvidia的Phys X物理引擎,利用该引擎对对象属性参数进行合理设置实时调整场景材质、音频、物理等参数,最大限度还原真实场景。

(3)脚本编程:在Unity 3D中,脚本视作特殊组件用于加载到场景对象上实现各种交互操作及其他功能,功能实现通过脚本程序编写实现。脚本逻辑控制原理通过访问对象和访问组件两种方式获得对象和组件控制权,在代码程序中对对象和组件进行逻辑控制。

(4)任务数据加载:通过服务器和客户端共同完成数据交互。服务器端软件由数据发布、数据导入、数据访问操作3个工具软件组成。服务器端软件系统与客户端软件结合共同实现数据分类管理、数据发布、数据查询、数据下载、数据导入、数据浏览等功能。

(5)结构原理展示模块:实现360°及透视效果展示典型设备结构原理、内部构造和连接关系,展示过程中通过语音、文字、三维动画手段进行辅助说明。

(6)人机交互模块:内置满足用户基本需求实时仿真交互浏览模块,包括漫游、驾驶、行走等场景浏览交互方式。对各种交互浏览方式,可采用两种浏览定义模式,即手动交互浏览和自动交互浏览。手动交互浏览可以在三维场景中自由地前进、后退,改变行走方向、升高、降低视点来等进行三维浏览。自动交互浏览支持预先定义和自定义轨迹进行场景漫游,可控制、显示及观察位置等信息。

### 3 平台实现原理

平台实际应用过程中分为人员组织、人员登录、执行训练/演练、过程回放、综合评估及评估结果展示等流程。按阶段划分为规划、资源准备、人员准备、实施、结束及评估等阶段。

规划阶段按照训练大纲或目标进行训练、演练任务方案想定编辑。方案编辑主要包括训练内容的组织和编排、训练形式设计、训练科目和参与人数设置。通过方案编辑定义当次训练的训练人员类别以及训练内容。任务想定编辑模块读取训练科目信息和台位信息,配置模式、战位、人员、台位等对应信息,并将配置的结果以xml文件格式保存,提交到数据库中。

资源准备阶段根据提出的教案,在系统基础资源库支持下,通过管理功能软件完成方案设置对确定满足要求方案文件存入数据库备用。

人员准备阶段选择方案,设置记录台位记录信息,创建任务,并向各个台位下发方案信息。训练模拟台位加入后运行。

实施阶段开始后各个模拟台位通过显示相关各类信息,通过调理对整个过程中进行有效控制并完成监控。控制与评估软件将过程数据记录同时采集信息保存数据库。演训结束后,通过评估软件给出评估结果,结合数据回放软件,对本次情况进行回放讲评,帮助参训人员对比查找自身不足。整个演训周期结束后,管理人员调用训练评估数据库存储各类训练评定结论或信息,进行综合分析评估同时根据成绩编制评估结果报告。系统基本执行流程如图8所示。

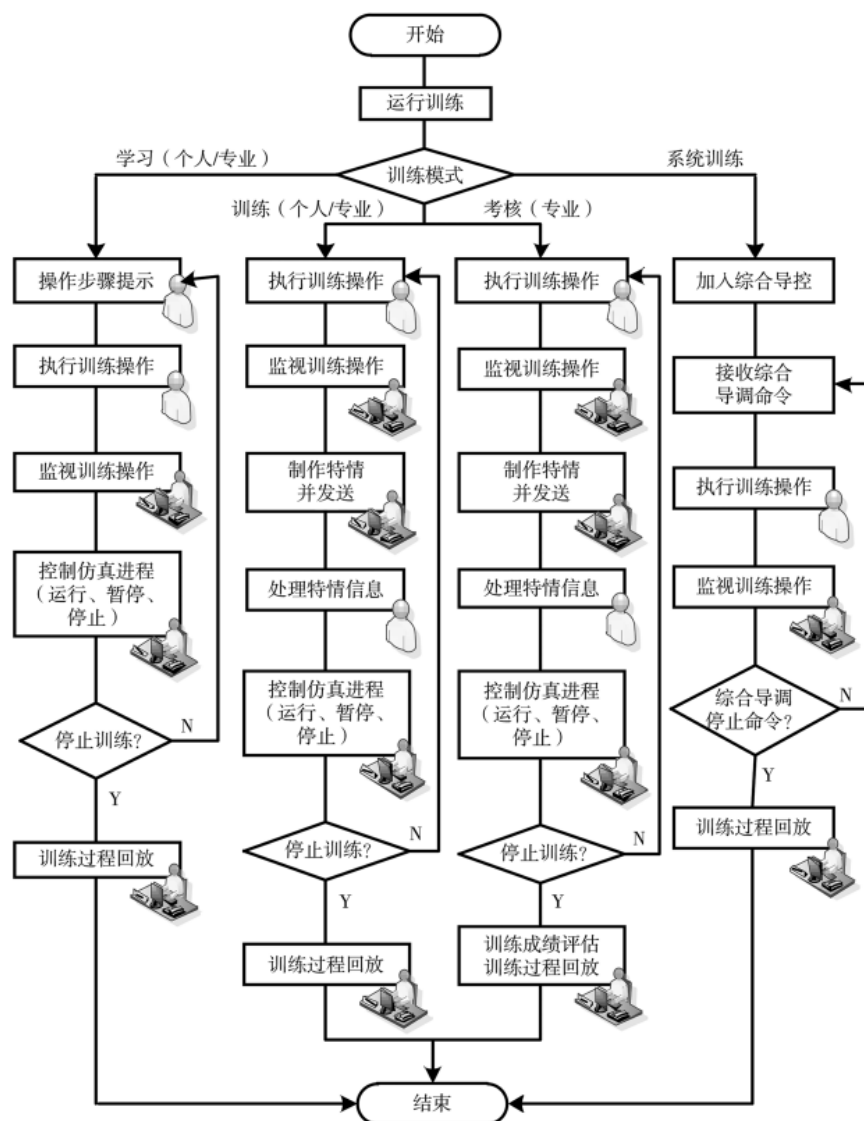


图8 平台执行流程

平台可生成涵盖各项评估信息的评估报告,具体内容包括:(1)工程信息:评估对象、评估目的、评估人员、评估处于系统全周期某一阶段、评估方案、计算模块、评估中异常发生;(2)指标体系:指标集合、指标层次关系、指标权重、指标类型;(3)输入信息:专家打分、实测数据、仿真结果、评价分类集合、指标对灰类隶属度函数;(4)评估结果信息:性能指标评价结果、效能指标评价结果、评估对象有序队列;(5)评估中间信息:输入数据平均值,加权求和值中间结果。

#### 4 结论

本文设计了一个综合演训平台,可实现参训人员在基础学习、独立训练、训练过程应急处置、协同演练、演练过程应急处置、综合评定及考核等多维度的演训内容全覆盖,可通过管理平台、实物模型、控制系统及虚实交互平台实现训练内容全方位闭环的管理。演训平台的搭

建为军事领域训练提升了训练保障水平及训练质效水平,为后续各领域更高训练要求及目标提供了可靠的参考依据及借鉴作用。

#### 参考文献

- [1] 周远.军队指挥院校信息化训练环境下想定教学应用模式研究[D].南京:南京师范大学,2011.
- [2] 冯书兴,耿艳栋,赵伟峰.航天试验集成训练研究与实践[J].继续教育,2013,27(1):6-8.
- [3] 王苗,王龙涛,陈奇.基于虚实结合的水面舰艇战术训练系统需求分析[J].指挥控制与仿真,2022,44(3):33-39.
- [4] 高小玲,胥霖.聚焦实战 紧贴岗位 科学构建团级指挥航天通信专业课程体系[J].继续教育,2015,29(11):65-66.
- [5] 翁国庆,张有兵.“新工科”背景下PLC课程虚实结合多层次实践平台构建[J].高教学刊,2021,7(23):11-13,18.
- [6] 刘晨曦,邵斌,左世全.以数字孪生技术为牵引,推动装备工业虚实结合与软硬兼备[J].中国信息化,2022(4):95-96.
- [7] 汪跃,唐志军,章邢,等.分布式态势模拟训练系统关键技术及解决方案[J].指挥信息系统与技术,2019,10(4):22-26.
- [8] 杨永辉.操控员训练评估中多维度数据融合研究[D].西安:西安工业大学,2020.
- [9] 夏定元,张家亮,王永圣,等.虚实结合的实验教学平台助力创新人才培养[J].实验室研究与探索,2022,41(1):165-168.
- [10] 彭勇.工业控制系统信息物理跨域风险分析技术和应用[D].北京:北京邮电大学,2020.

(收稿日期:2022-06-01)

#### 作者简介:

蒯亮(1987-),男,硕士,工程师,主要研究方向:计算机技术、指挥控制系统、嵌入式系统。

董岩(1976-),男,本科,工程师,主要研究方向:自动控制、智能信息处理及智能信息控制、信息系统集成。

房志奇(1987-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向:信息系统集成、指挥控制系统设计。



扫码下载电子文档

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所