



指挥控制与仿真

Command Control & Simulation

ISSN 1673-3819, CN 32-1759/TJ

《指挥控制与仿真》网络首发论文

题目：海军基于 LVC 仿真的训练体系研究
作者：苏千叶，王成飞
网络首发日期：2022-06-22
引用格式：苏千叶，王成飞. 海军基于 LVC 仿真的训练体系研究[J/OL]. 指挥控制与仿真. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1759.TJ.20220621.1317.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

海军基于 LVC 仿真的训练体系研究

苏千叶 王成飞

(中国人民解放军 91977 部队, 北京市, 100036)

摘要: 本文针对体系对抗条件下海军模拟训练的需求, 探讨海军基于 LVC 仿真的训练体系架构、组成及技术架构。通过系统分析美海军模拟训练体系的内涵、演习运用情况和经验启示, 借鉴 LVC 仿真等相关技术的理论基础及内涵, 提出了基于 LVC 仿真的海军训练体系, 将分散在不同区域的真实装备、训练模拟器、计算机模拟构造兵力集成于统一态势、统一规则的虚拟训练环境下, 开展物理上分布、多级指挥机构联动的模拟训练。并研究了该体系构建中的关键技术问题, 提出了相应的解决途径, 可为海军模拟训练体系的建设提供理论支撑。

关键字: 训练体系; 训练仿真; 分布式训练

中图分类号: E284

文献标识码: A

Research on Navy Training System Based on LVC Simulation

Su Qian-ye, Wang Cheng-fei

(PLA, No.91977 Troop, Beijing 100036, China)

Abstract: According to the requirements of naval simulation training under the condition of system of systems confrontation, this paper discusses the naval training architecture, composition and technical architecture based on LVC simulation. By systematically analyzing the connotation, exercise application and experience enlightenment of the US Navy simulation training system, and referring to the theoretical basis and connotation of LVC simulation and other related technologies, a Navy Training System based on LVC simulation is proposed, which integrates the real equipment, training simulators and computer simulation forces scattered in different regions into a unified situation and unified rules virtual training environment, and carries out simulation training of physically distributed and multi-level command organization linkage. It also studies the key technical problems in the construction of the system, and puts forward the corresponding solutions, which can provide theoretical support for the construction of the Navy simulation training system.

Key words: training system; training simulation; distributed training

0 引言

未来信息化海上联合作战是体系与体系的对抗作战, 不是单一武器或者作战单元之间的较量, 而是各类作战要素相互融合、相互支撑, 将感知、指挥、控制、保障等要素集成为体系之间的较量, 相应的日常训练也不仅需要单兵、单系统、单平台的训练, 更需要在体系对抗条件下的多层级联合的训练。各国也在建设与联合作战相适应的训练体系, 比如英国国防科学技术实验室研究了虚拟环境与实装的互联互通以及交互安全性问题, 美国在训练能力建设方面尤为重视, 建设了联合国家训练能力系统(JNTC)、海军常态化训练环境(NCTE)以及针对不同兵种的战术训练器。^[1]为了克服实兵训练中存在的问题, 我海军经过多年实践也建设了一大批模拟训练装备, 但还存在训练体系分割、技术体制不一致、组训效益不高、作

战与训练脱节等问题,本文针对体系对抗条件下海军模拟训练的需求,借鉴美军在面向 LVC 训练方面的经验及成果,提出了基于 LVC 仿真的海军训练体系,将真实装备、训练模拟器、计算机模拟构造兵力集成于统一态势、统一规则的虚拟训练环境下,开展物理上分布、多级指挥机构联动的模拟训练,为海军模拟训练体系建设提供思路参考。

1 美海军模拟训练体系概述

美海军于 2021 年开展了跨越多个舰队的“大规模演习 2021”,此次演习由航母、潜艇等 36 个舰艇实装部队,以及虚拟兵力参与,将舰艇实装作战部队融合为一体化作战力量,可在对抗环境下全域共享传感器、武器等资源。实兵与虚兵的结合,可以扩大参演部队的数量,以及对手的范围,美海军在建模仿真及 LVC 训练技术上的经验及成果是此次大规模演习的基础,美海军通过海军常态化训练环境(NCTE),将海上航行的水面舰艇、空中飞行的作战飞机、港口靠泊的水面舰艇以及模拟器等集成到一个虚拟的战场空间中同步进行军事训练。

美军在建模仿真与实验训练领域间实现互操作方面进行大量实践,从上世纪 90 年代开始,历经 20 多年的发展,构建了集 4 大军种于一体,含联合、军种、平台、系统 4 个层次于一身的分布式网络化模拟训练体系,^[2]包括实现陆海空军在同一个虚拟战场空间下的联合国家训练能力系统(JNTC),海军诸兵种合同战术训练的海军常态化训练环境(NCTE),舰艇部队编队战术训练的各型训练器,以及部门和系统的技战术训练的各型训练系统,所有参训兵力全球接入、任意组合,战场态势虚实结合、贴近实战,训练流程全程闭环、可评可考,训练功能融入实装、同步研发,如图 1 所示。其中联合国家训练能力系统(JNTC),以 LVC 一体化的模拟训练为基础,可与实装指挥控制系统互联,随遇接入,可用于部队日常训练、专项演习以及全球性训练和演习,可进行联合互操作性训练,为美海军提供接近真实环境的训练。^[3-4]海军常态化训练环境(NCTE)是美海军舰队训练基础设施,由建模和仿真系统、战术训练场、舰载或机载的训练设施、被驱动的指挥控制系统、训练专用网络及标准规范组成,可把舰艇部队编队战术训练的各型训练器(如水面舰艇作战部队战术训练器 BFTT、潜艇多使命团队训练器 SMITT),飞机训练器 FAST 等集成起来,实现舰队在驻泊地的综合训练,包括海军定级性质的作战熟练程度训练、互操作性训练、使命演习训练和多军种联合互操作性训练。据统计,美军已完成了包括航母在内的 200 余艘舰艇和 1000 余套装备的安装部署,并向盟国部队推广。

从美海军训练领域的建设情况来看,有三点经验值得我海军借鉴:一是注重顶层设计,从单平台单要素训练转向体系级全要素训练;二是拓展实装训练时空,建设虚实一体的随遇接入式训练环境;三是注重异构系统互操作技术发展,从体系结构、模型、数据接口、共享机制等方面建设标准及工作。^[5]

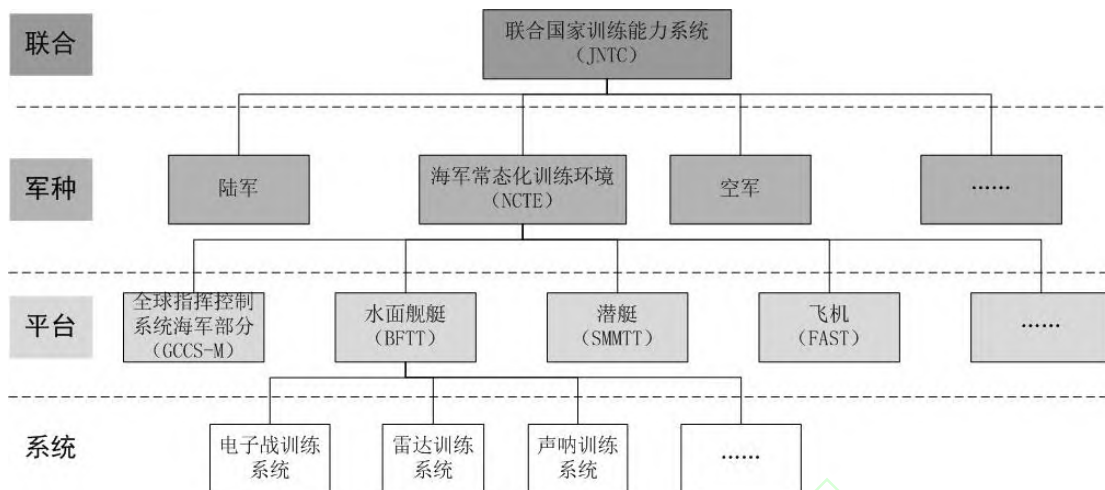


图 1 美海军模拟训练体系示意图

2 基于 LVC 仿真的训练体系研究

LVC 仿真系统是指同时包含实况仿真 (Live Simulation)、虚拟仿真 (Virtual Simulation) 和构造仿真 (Constructive Simulation) 三种类型仿真成员的分布式仿真系统。^[6]其中，实况仿真为真人操作真实的系统，包括在训练及实战中操作真实系统，虚拟仿真为真人操作模拟系统，构造仿真为模拟人操作模拟系统。通过 LVC 仿真等相关技术及通信设施，将物理上分散的实装、虚拟及构造仿真成员互联互通起来，利用底层共用的基础支撑服务，使三类仿真成员在统一虚拟训练态势下进行训练。^[7]

2.1 体系设计

海军基于 LVC 仿真的训练体系从训练层级上，分为合同、平台、系统三个层次。合同主要面向多编队协同或者单个编队内训练；平台主要面向单个舰艇平台内训练；系统主要面向单个系统的训练，例如指控系统、探测系统、电子战系统等单个系统的训练，如图 2 所示。每一个上层训练层级的系统都可以带动下层进行联动训练，互相支撑完成相应的模拟训练科目。

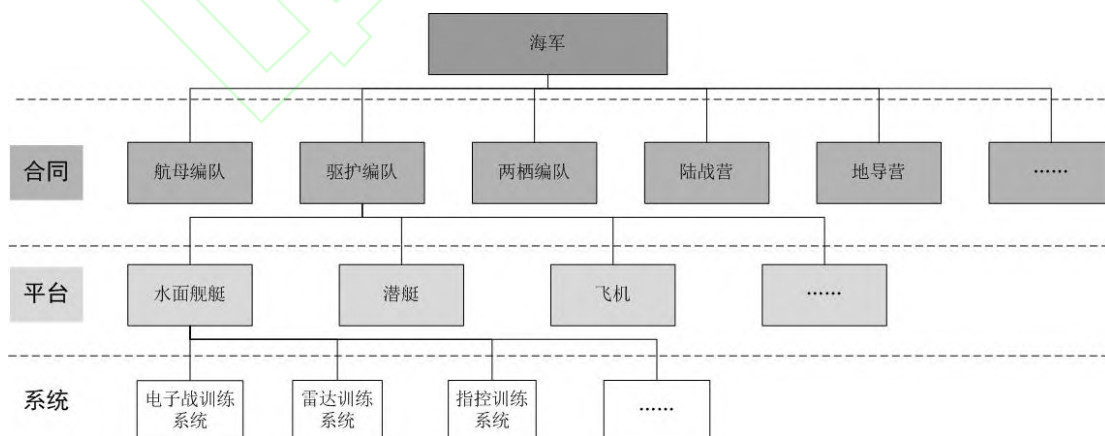


图 2 海军基于 LVC 仿真的训练体系示意图

从组成上，该训练体系包括真实装备、训练模拟器、计算机模拟构造兵力以及训练共用基础设施，如图 3 所示。其中训练共用基础设施按照统一标准、一体研制的思路建设，后续

根据训练层次、使用模式的不同进行分层次的剪裁部署。本文重点描述训练共用基础设施，其主要作用是将真实装备、训练模拟器、计算机模拟构造兵力等联结集成起来，实现上述三类在同一虚拟或者真实时空、不同物理地点中的互联互通互操作级的训练。包括作战熟练程度训练、互操作性训练、使命演习训练，也可实现多军种联合互操作性训练。其中计算机模拟构造兵力是依托训练公用基础设施的仿真支撑平台来实现。

训练共用基础设施从主要功能上包括导调控制系统、训练支撑服务系统、训练专用网络、训练数据采集系统、训练分析评估系统、仿真支撑平台、训练共用资源库、训练标准规范。

其中，导调控制系统，主要为支撑各训练层级发起训练任务、制定训练想定、模拟训练环境、训练进程控制、临机调整、交战裁决等。它的主要功能包括异地分布式、多级联动训练的想定编辑与生成、训练环境模拟生成、训练导调控制、态势显示监控、交战裁决等。导调控制系统按照训练层级开设，可分为岸基导调中心及海上编队导调中心，以及单舰艇的导调设备。

训练支撑服务系统主要为真实装备、训练模拟器以及计算机模拟构造兵力系统之间互联互通提供统一的软件中间件、态势一致性管理机制、运行支撑环境，以及时间统一服务。

操作人员

操作人员

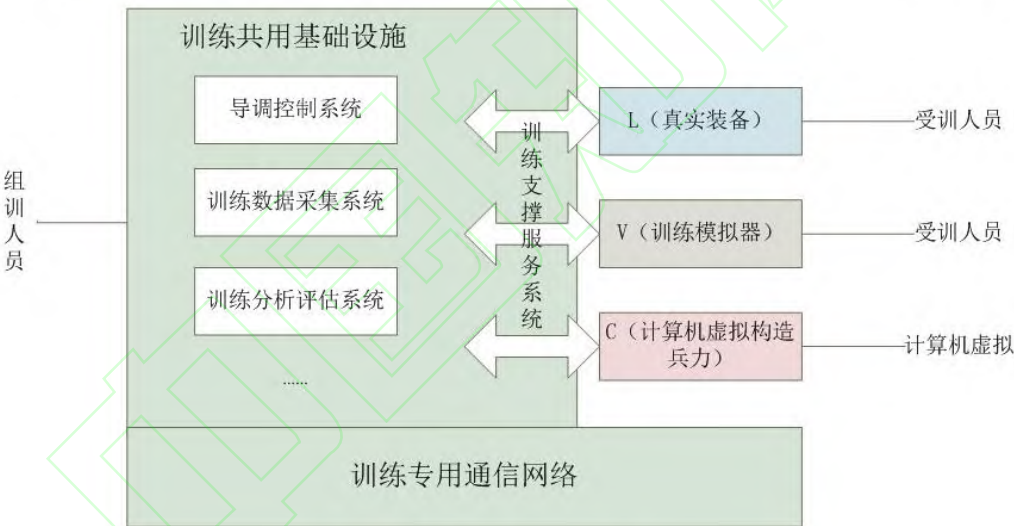


图3 海军基于LVC仿真的训练体系组成图

训练专用通信网络主要用于支撑异地各类参训平台的训练数据交互、音视频传输，以及各类参训平台与训练公用基础设施之间的互联互通。它采用有线与无线相结合的构建方式，主要包括有线/无线接入设备、安全设备、语音调度设备等。

训练数据采集系统主要用于采集各类真实装备信息、以及仿真信息。

训练分析评估系统主要用于根据不同训练层次的考核指标，进行专项评估指标、评估模型开发，但各层次的训练评估方案制作、训练数据复盘、分析讲评、评估结果统计等功能可共用。

仿真支撑平台主要包括仿真运行支撑工具（RTI）、高级体系结构（HLA）对象模型开发工具（OMDT）、统一建模工具、仿真基础数据管理工具、仿真引擎工具、分布式仿真支持工具等。其中，统一建模工具可提供可视化模型开发环境和模型开发支撑工具，包括模型开发、

模型组合、模型管理等功能。仿真基础数据管理工具提供模型参数设置功能，对基于仿真模型开发工具建立的模型，能够自适应生成模型所需的数据管理界面，将数据存入基础资源库进行管理，包括组件参数设置、平台组装、作战资源管理等功能。仿真引擎工具提供仿真实体管理、时间管理、事件管理和数据管理等仿真运行管理服务，能够调度基础资源库中的仿真模型集中运行。分布式仿真支持工具提供态势外推、数据分发管理等功能，在大量减少网络交互的前提下，保障分布式仿真驱动下各节点战场态势的一致性。

训练共用资源库主要包括基础数据支持功能、仿真模型支持功能、训练数据存储管理功能、数据库管理功能等。训练共用资源库采用分布式数据库架构，由一个训练共用资源库主站点和多个从站点组成。

训练标准规范包括模拟训练管理规范、训练互操作接口规范。其中，模拟训练管理规范是对训练体系的技术体系结构、服务、管理等进行规范，主要包括技术体系结构规范、仿真支撑服务规范、数据格式标准、模型规范、时空基准统一标准、坐标系基准、服务资源使用、升级、运维等管理规范；训练互操作接口规范旨在实现各训练节点之间规范化信息交互，采用基本对象模型（BOM）思想建立训练系统互操作规范，主要包括仿真实体对象模型、海洋气象环境模型、发射器对象模型、敌我识别器对象模型、仿真管理对象模型、共享态势对象模型、通用分发想定对象模型等。

2.2 技术结构

在技术体系上应统筹考虑训练层次、使用模式、对抗性等多种使用需求，对硬件、底层通信、仿真模型、共用数据库等进行统一建设，对标准规范、支撑工具进行统一开发，对仿真、采集、裁决评估等共用功能进行统一设计，共用模块进行统一开发，海军基于 LVC 仿真的训练体系技术结构如图 4 所示。未来，具体应用功能可在应用层各系统基础上进行专用功能扩展，可利用支撑层工具/系统进行应用层系统专用模型、数据、接口的开发。

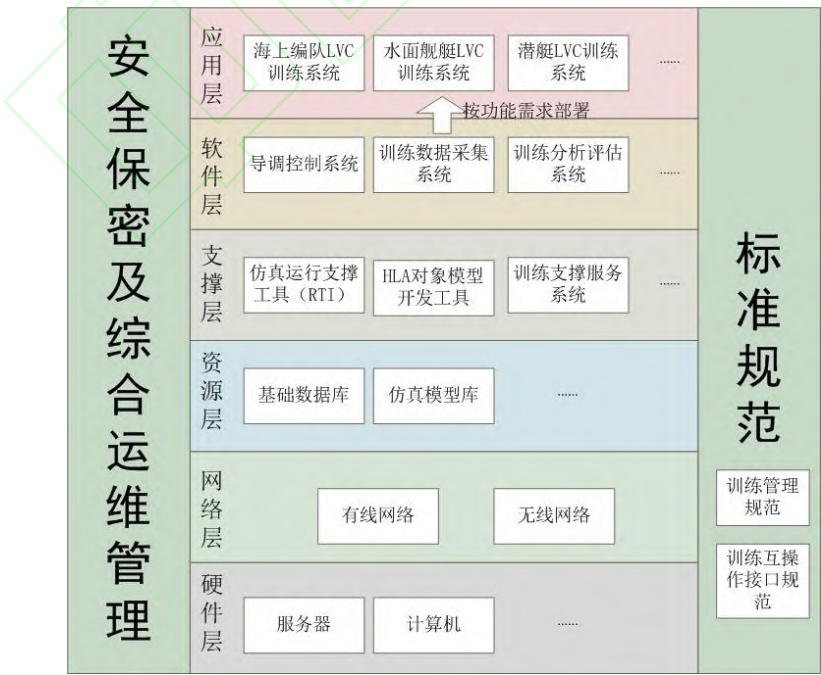


图 4 海军基于 LVC 仿真的训练体系技术结构图

其中,规范层、资源层、支撑层由训练体系建设进行规范、设计、开发,硬件层、应用层在院校、作战部队、训练基地的具体项目建设中进行定制开发,必要时可对资源层中模型、想定等资源扩展。

3 关键技术问题

3.1 异构系统互联问题

海军基于 LVC 仿真的训练体系是由指挥所、水面舰艇、潜艇等真实装备,各类模拟器,以及虚拟构造兵力等多个异构系统构成。由于这些不同层次训练系统的组成、功能、运行流程不同,数据结构、逻辑控制等定义也不同,^[8]例如从体系对抗角度来说,实装水面舰艇与虚拟构造兵力进行对抗训练时,实装水面舰艇需要探测、识别、拦截虚拟构造兵力发射的虚拟导弹,整个拦截过程的仿真,以及命中、毁伤效果如何裁决,由谁来裁决,这些都需要设计统一的模型。因此,如何实现多个异构系统之间的互联是 LVC 仿真系统构建需要解决的主要问题。

解决途径:在参训的异构系统建设之初,应提前研究或明确以下内容来解决系统互联问题,一是开展基于 LVC 仿真的训练流程研究,二是设计各系统信息交互的流程、内容、格式,三是明确各系统接口的联接方式,四是规范各系统采集信息的内容、格式,五是明确对抗过程中裁决的流程、规则,六是明确训练效果评估的流程、规则。

3.2 分布式训练态势时空一致性问题

在分布式训练中,仿真实体数据更新周期是影响仿真精度、仿真正确性的关键。当仿真实体数量较少时,对网络要求不高,在一个节点上对实体信息进行集中仿真、统一发送能满足训练要求,而在进行大规模异地分布式模拟训练时,仿真实体数量较多,高频率的武器实体数据交互增加对网络通信压力,采用一个节点集中式计算,将会产生严重的网络拥塞,导致受训人员不能实时看到战场态势变化、下达的指挥控制命令不能实时处理和反馈。尤其当采用无线网络实现通信时,网络拥塞是影响分布式训练的重要因素。值得注意的是,异地分布式训练综合采用了卫星、有线、无线等多种通信方式,数据在传输过程中存在着不同的传输时延问题。因此如何保持分布式训练态势的时空一致性,合理确定信息流程及交互内容都是需要研究及解决的问题。

解决途径:参考航迹推测(DR)技术实现对导弹、鱼雷等转动速度快、姿态变化幅度大的实体在世界坐标系下的匀速、匀加速、转动的复合运动。采用 HLA 的数据分发管理(DDM)技术可进一步减少仿真节点间无用数据的收发,大大缓解网络拥塞情况,降低训练节点间实体运动信息的更新频率,从而在通信带宽有限的条件下,解决训练节点间态势相对不一致性问题。

3.3 异构系统数据交互安全性问题

分布式训练时,参训的异构系统客观存在多个不同安全级别。由于这些系统在训练期间需进行大量跨级别的数据交换,因此不仅要考虑系统自身的安全问题,还要考虑跨网跨域的安全问题,尤其是与指挥信息系统的铰链,更要从整体上设计作战与训练之间的安全体系。这些异构系统在使用时,系统之间交互的数据经常出现不一致、丢失、错误等现象,而在交

互过程中一旦产生错误,接口双方则很难确定根源,无法明确信息发送方和接收方的责任。

解决途径:一是保证各系统自身的安全问题,确保各系统原有的安全等级及机制不受影响,二是从跨网跨域安全角度出发,遵照相关标准,采取相应技术手段,确保通信、基础设施、数据交换等安全运行。为了实现异构系统双方数据交互过程中的数据安全,要求信息发送方和接收方使用的接口协议必须严格一致。确保使用的是同一接口协议的相同版本,双方需按照接口协议对“传递的报文/数据”结构进行约束和校验。在接口一致性的前提下,还必须对建立连接的用户进行校验。此外,异构系统在设计时建议增加对接口协议的版本管理,便于协议双方互查对方授权的接口协议内容。

4 结论

本文基于 LVC 技术角度设计了海军训练体系及其技术架构,其优势在于受训人员可通过操作真实装备与虚拟或真实对手在同一环境中进行对抗训练,且能满足从侦察、指控、打击、防护等作战全要素演练,可不受气候环境、兵力行动安全等限制,组织灵活,训练层次保障全面,训练内容范围广泛,场地设置简单容易,可以常态化组织开展训练。着重从异构系统互联、态势一致性、安全性等方面分析了技术难点,并提出了相应的解决建议,可为后续海军建设虚实对抗的训练体系提供参考与借鉴。

参考文献:

- [1] 贾慧,陈望达,郭磊.外军军事训练技术方法实战化发展趋势及经验启示[J].舰船电子工程,2012,32(4):1-4.
- [2] 史云辉.岸海一体化模拟训练系统研究[J].火力与指挥控制,2018,43(7):166-169,174.
- [3] 白爽,洪俊.美军面向 LVC 联合训练的技术发展[J].指挥控制与仿真,2020,42(5):135-140.
- [4] 王晓娟.美军仿真训练新趋势[J].指挥控制与仿真,2008,30(2):118-120.
- [5] 冯伟强,严宗睿.美军作战仿真系统建设发展及启示[J].指挥控制与仿真,2018,40(5):137-140.
- [6] 周玉芳,余云智,翟永翠.LVC 仿真技术综述[J].指挥控制与仿真,2010,32(4):1-7.
- [7] 马能军,王丽芳.分布式 LVC 仿真系统关键技术研究[J].微电子与计算机,2014,31(7):32-36.
- [8] 迟刚,胡晓峰,吴琳.异构模型系统协同仿真与联合运行研究[J].系统仿真学报,2014,26(11):2704-2708.