

靶场联合试验环境构建与应用

许雪梅

(辽宁葫芦岛 92493 部队 12 分队 葫芦岛 125000)

摘要: 靶场联合试验环境构建是联合作战背景下武器装备实战化考核的迫切需要。通过分析当前靶场存在的突出问题, 阐述构建虚实融合的联合试验环境必要性; 在分析美军联合试验环境发展路线和建设措施的基础上结合靶场现实需求, 提出建设和完善支撑内外场装备资源综合集成与协调运行的基础平台, 补充半实物模拟器和数学仿真模型等模拟资源, 加强体系级、平台级、系统级仿真评估手段, 以及修改完善应用层、服务层、资源层标准规范是靶场联合试验环境构建的基本路径, 并以舰艇抗饱和攻击和联合防空自防御两个试验任务作为典型应用, 说明联合试验环境构建的重要作用。

关键词: 联合试验环境构建; 基本路径; 典型应用; 虚实融合

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-1000(2023)02-0052-07

DOI: 10.12347/j.ycyk.20221106001

引用格式: 许雪梅. 靶场联合试验环境构建与应用[J]. 遥测遥控, 2023, 44(2): 52-58.

Construction and its application of range joint test environment

XU Xuemei

(Unit 92493 of PLA, Huludao 125000, China)

Abstract: The construction of range joint test environment is an urgent need for the actual combat test of the weapon equipments under the background of joint operations. By analyzing the outstanding problems existing in the current range, this paper expounds the necessity of constructing the joint test environment combining virtuality and reality. Based on the analysis of the development and construction measures of the United States military joint test environment and the actual needs, it is proposed that the construction and improvement of the basic platform, simulation resources, simulation evaluation and standard specifications are the basic method for the construction of range joint test environment. Two tasks of anti-saturation attack and joint air defense and self-defense are taken as typical applications to illustrate the important role of joint test environment construction.

Keywords: Joint test environment construction; Basic method; Typical applications; Combining virtuality and reality

Citation: XU Xuemei. Construction and its application of range joint test environment[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2023, 44(2): 52-58.

引 言

信息技术进步推动着武器装备建设, 武器装备信息化、体系化、智能化、精确化的特征愈加明显, 牵引着武器装备试验对象由单武器装备向武器装备体系拓展, 试验考核内容由作战技术指标考核向作战试验及其效能评估转变, 试验环境由单一简单环境向实战化的复杂环境转变, 从而带来试验手段由只注重外场向内外结合、虚实融合转变, 试验组织模式由区域性独立试验向跨区域联合试验转变^[1]。同时, 武器装备作战试验鉴定

和体系运用检验赋予靶场新需求: 一是将单个装备放在装备体系环境中, 着重考核单个装备在体系环境中的互联互通互操作能力, 以及对装备体系的贡献度; 二是将单个装备放在红蓝装备体系对抗环境中, 着重检验单个装备对装备体系作战效能的贡献度; 三是考核在不同对抗背景和对抗模式中装备体系所具有的不同作战效能, 并将考核结果反馈到作战研究领域, 支持作战方式和具体战法的不断改进。满足上述需求的靶场试验鉴定能力, 涉及到的试验资源范围、试验环境和试验条件将非常复杂, 需要解决日益凸显的装备体

系对抗试验需求与试验资源有限之间的矛盾。尤其是试验鉴定改革的新要求提出“要建立先进实用的试验鉴定体系”，明确指出构建体系试验环境的重要性。针对不同的作战使命或作战任务，武器装备面临的战场环境是千差万别的^[2]。装备体系试验需要广阔的外场空间，受费用、保密、安全等因素制约，构建近似实战的气象、地表、空间等自然环境有时是非常困难的；同样，装备体系试验需要面临复杂多样的电磁环境，由于外场电子装备数量有限，也难以逼真模拟复杂电磁环境中密集、动态、对抗、多变的信号环境。为此通过构建基于LVC(L—实装、V—半实物、C—数学仿真)的联合试验环境，整合各试验靶场资源以构建地域分布、逻辑一体、开放共享的“逻辑靶场”^[3,4]，支持联合作战环境下的装备体系作战能力全面考核，是靶场建设发展的必然。联合试验环境下的武器装备试验，是对大规模“开放式空间”试验(所有参试系统都使用实际系统)的替代，将很好地解决试验环境构建过程中成本、真实性与复杂性之间的矛盾，不仅节省经费和时间，降低风险，还能对武器装备在联合试验环境中的作战效能和适用性进行全面和真实检验。为此，如何构建靶场联合试验环境并使其在武器装备试验鉴定中(特别是作战试验、体系试验)发挥重要作用，是靶场亟待解决的课题。

1 靶场联合试验环境构建的必要性

为全面评估信息化武器装备作战效能、有效提升一体化联合作战能力，必须按照实战要求构建能够承载作战平台等试训装备，激励试训装备传感器网、信息网和交战网，遂行从传感器探测到指挥控制，再到武器交战完整作战过程主线的试验、训练、演练环境。

当前靶场试训设施大都围绕各自功能和使命任务建设，难以适应以信息为中心、以联合作战为特征的装备试验和部队训练、演练需求。突出表现在：一是以单武器系统为主要对象，试验鉴定模式独立，无法满足体系级试验对多靶场联合的需求^[5]；二是围绕武器型号建立的试验系统自成体系、互操作性差，无法满足联合试验对系统集成与实时交互的需求；三是威胁目标模拟手段有限、数量不足、态势简单，难以满足实战化考核对复杂战场环境构造的需求；四是内场仿真试

验与外场实装试验独立开展，仿真试验置信度偏低和实装试验充分性不足的问题长期存在，难以满足边界性能考核和作战效能评估的需求。因此将分布式部署的各类试训设施组网，通过无缝集成武器实装、模拟器、数学仿真等LVC资源，打造跨地理边界、试训边界和真实虚拟边界的靶场联合试验环境，是推进军队战略转型进程、促进作战力量快速高效形成战斗力的现实可行途径。

构建一个集成各种LVC资源的复杂、逼真而又灵活的靶场联合试验环境，就是将各类分布式靶场虚实资源通过互操作、重用和可组合进行综合集成，实现资源和能力共享，满足联合试验、体系试验的迫切需求，它具有资源分布性、功能可扩展性、运行互操作性、数据可共享性以及规模可缩放性的显著特点^[6]，与传统靶场相比具有突出优势：一是提高对抗强度，通过LVC资源的综合集成，构建复杂试验环境，能够满足开展诸如零航捷拦截、近程二次拦截、抗饱和攻击拦截、信号博弈攻防对抗等仅靠外场实装试验难以实施项目的急迫需求；二是节约建设成本，通过继承、重用、组合靶场现有设施，按需快速组建联合试验系统，避免重复建设；三是节约试验消耗，利用电子靶标代替真实靶标、数字导弹取代真实火力可以极大节约试验成本。

2 美军联合试验环境构建发展历程及建设措施

随着信息技术的迅猛发展，武器装备自动化、信息化、网络化程度不断提高，涌现了大量高新技术装备，武器装备呈现出明显的体系化发展趋势，如何客观真实评价武器装备体系能力成为试验鉴定面临的重要挑战之一。一方面，单一指标、单一平台和单一环境下的试验鉴定已难以对体系化装备作战效能进行有效评估；另一方面，成本巨大和试验难以复现，又决定了全实装试验面临诸多障碍。为此，美军从2004年制定发展路线图，2005年实施基于LVC的联合任务环境试验能力(Joint Mission Environment Test Capability, JMETC)计划，并通过联合试验鉴定方法(Joint Test and Evaluation Methodology, JTEM)工程开发相应的试验程序与方法——能力试验方法(Capability Test Methodology, CTM)，以整合各试验靶场构建逻辑

靶场, 对联合作战环境下的装备体系作战能力进行全面考核^[7-9]。具体发展历程如图 1 所示。

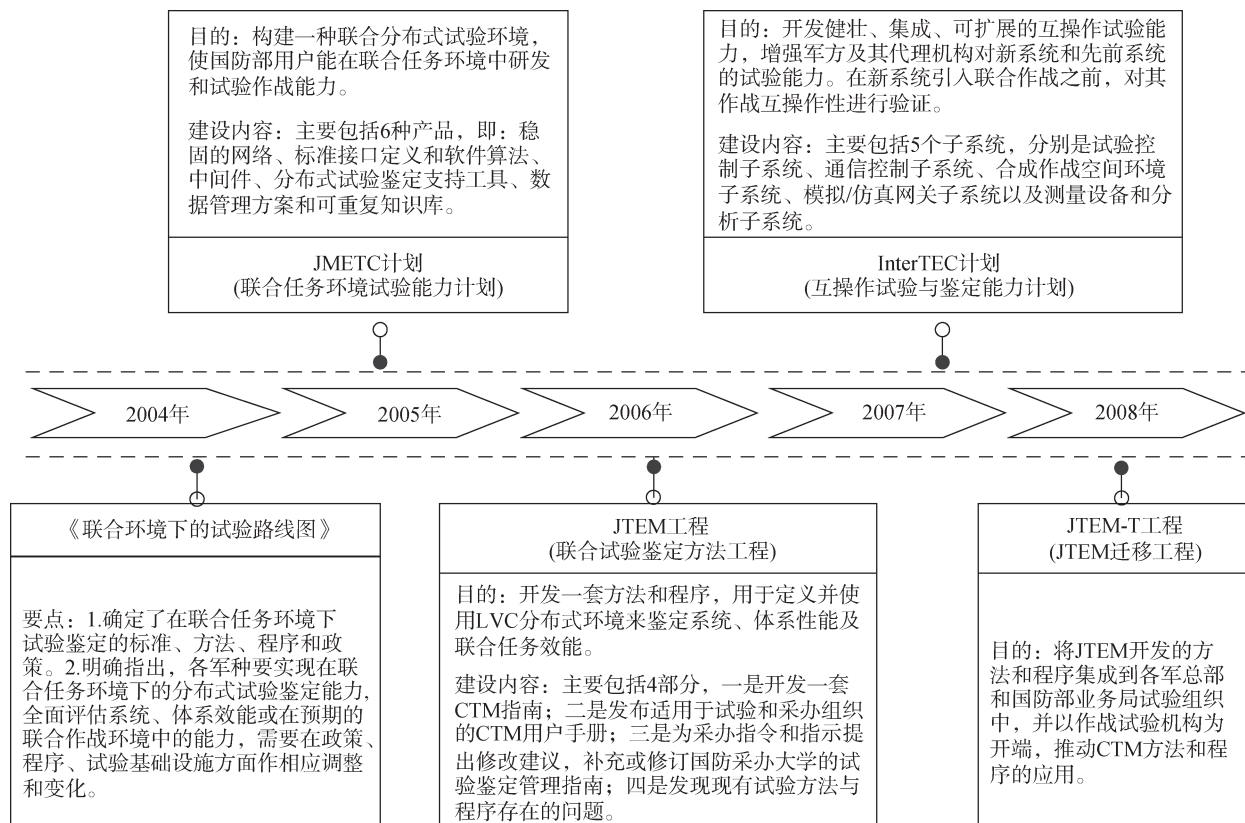


图 1 美军联合任务环境构建发展历程

Fig.1 Development of joint mission environment construction of the United States Military

美军制定联合任务环境构建发展路线图的目的, 是确保武器装备在联合环境中进行试验与鉴定, 促进联合能力的生成和部署。路线图提供了一组建议, 这些建议指出了建立联合任务环境所需的条件, 确保美国国防部能够在装备研发开始就考虑未来能在联合任务环境中运行, 同时已研发的装备也能够联合任务环境中进行评估。路线图提出的对应措施主要为: 一是为联合作战环境中的系统和体系建立生命周期评估框架, 在装备能力开发文档中明确所需的联合任务能力, 并明确关键作战问题、关键性能参数等; 二是更新和扩展试验计划流程, 确保装备在联合作战系统或体系中进行试验; 三是在联合作战环境中评估系统和体系应结合一定的实装, 但完全采用实装不现实, 因此需要考虑一定的模拟装备支持试验评估; 四是在可行情况下研发机动式试验装备; 五是建设健壮可靠的网络基础设施, 通过网络链接分布式实装、模拟器和数学仿真模型等资源, 增强联合任务环境; 六是建立组织机构, 使试验和训练活

动都能够在联合任务环境中开展, 并且应注重模型和仿真的发展, 以确保所需的威胁对抗环境; 七是试验过程制度化, 试验各个环节都应制定较为完善的制度并依照实际情况更新修订^[10]。简言之, 为推进路线图目标的实现, 美国国防部重点在以下四方面采取相应措施: 一是研究和制定联合任务环境试验方法并推广应用; 二是建设强大的网络基础设施; 三是制定完善的联合任务环境试验运行机制和政策; 四是在建模和仿真方面加强投资和建设, 支持联合任务环境重点试验与鉴定的开展^[11]。

3 靶场联合试验环境构建基本路径

经研究分析和前期的探索应用, 并结合现状与实际, 靶场联合试验环境构建应从基础平台、模拟资源、仿真评估和标准规范四个方面着力建设。建设目标为: 一是形成通用开放的联合试验环境构建基础平台, 确保在平台上集成的异地异构试验资源实现互联互通互操作、重用可组合,

实现分布式LVC资源随遇接入和协同运行；二是通过半实物和数学仿真等模拟资源建设，补充实装试验资源不足，基于联合试验环境构建基础平台的集成，构造复杂逼真的对抗态势，确保被试装备在贴近实战的复杂战场环境下进行试验鉴定；三是通过仿真评估系统建设，形成内外场联合的仿真评估能力，确保在复杂战场环境下评估被试装备作战效能和体系贡献度；四是形成完善的标准规范，约束试验资源集成、协同运行、仿真建模、分析评估等方面的建设，并指导联合试验规范化运行^[12]。

3.1 基础平台

靶场联合试验环境构建基础平台继承封装靶场内外场资源，通过时空一致性控制^[13]、分布式

LVC资源协同控制等技术，实现资源间的互操作、重用组合、协同运行以及系统综合集成，实现试验信息的实时采集和交互，支持试验系统的快速灵活组合和联合任务环境的按需构建。基础平台由资源接入服务分系统、任务导控分系统和中间件构成如图2所示。其中，资源接入服务分系统主要提供对象建模、资源封装、外部资源接入以及资源入库管理等服务；任务导控分系统提供任务辅助筹划、资源调度控制、数据采集与回放、态势生成与显示、数据实时监测、数据分析处理、异构系统时间统一等服务；中间件为任务系统运行提供通信机制，主要提供系统管理、声明管理、对象管理、所有权管理、时间管理、数据分发管理和安全管理等服务^[14]。

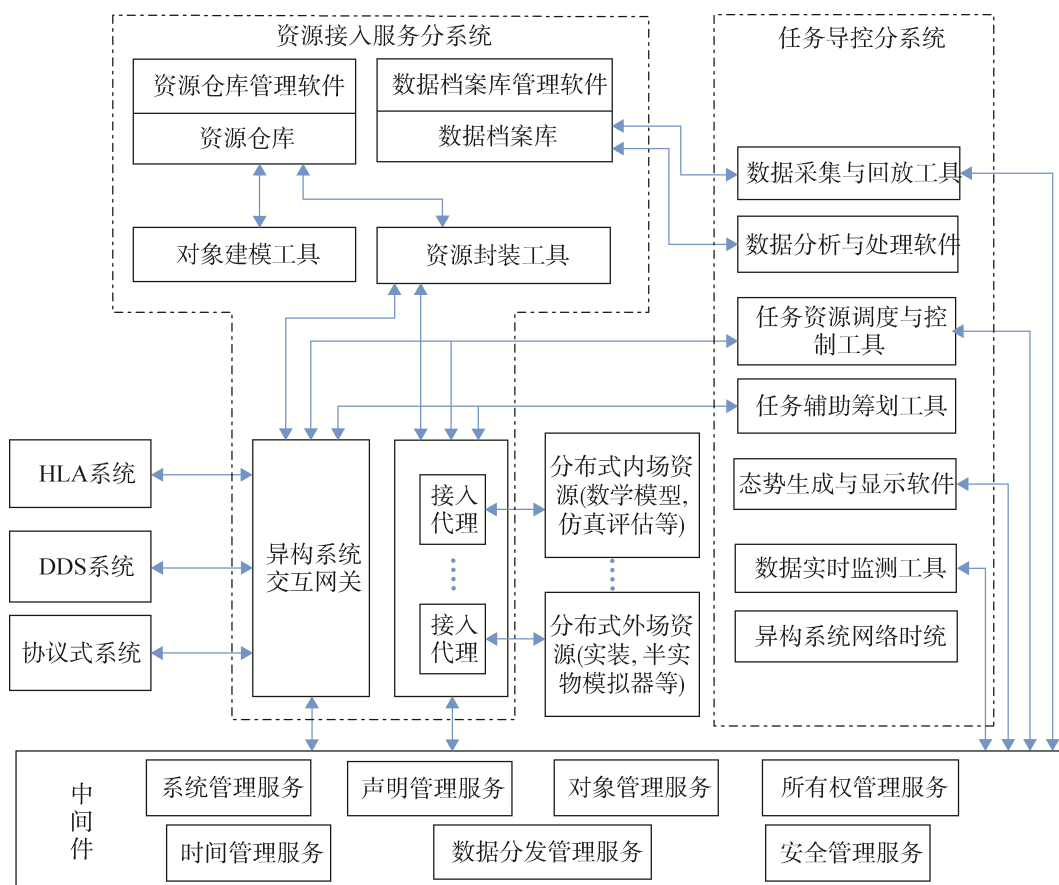


图2 靶场联合试验环境构建基础平台

Fig.2 Basic platform of range joint test environment construction

3.2 模拟资源

模拟资源与外场有限实装按需集成，构建基于LVC的联合试验环境，支持虚实合成联合试验与鉴定。模拟资源是指半实物和构造的数学仿真

资源。半实物资源诸如电子靶标模拟器、实装在线仿测模拟器、网络对抗模拟器、数据链模拟器等，其中电子靶标模拟器主要为导弹武器系统提供试验中实体靶标不宜或不能实现的诸如边界条

件、零航路捷径、多目标等形式的模拟目标,通过灵活布设并采用多方位多目标模拟技术,以转发雷达探测信号的方式为传感器提供多批飞行类模拟目标,实现武器装备在高密度强对抗环境下的试验鉴定;实装在线仿测模拟器是按照实装的信息交互时序和内容,模拟实装的各种功能特性,并模拟产生各种控制指令或信号,实现虚实资源的实时匹配,提高弹目匹配成功率。数学仿真资源主要指构建可信性较高的红方和蓝方各类模型,包括平台、感知、指控、攻防武器等实体模型,通信、机动、打击、干扰等行为模型,空中、海上/水下、导弹、信息对抗、情报保障等作战任务模型,软硬毁伤模型,以及气象、水文、电磁、地理、空间等环境模型^[15]。

3.3 仿真评估

仿真评估系统基于联合试验任务环境构建基础平台,将分布式仿真资源进行集成,可实现新型作战概念演示验证、试训方案实验推演评估、新质作战力量辅助论证等实验验证能力,装备全寿命周期、边界极限条件、体系运用背景下的仿真试验能力,基于实时态势的作战方案优选、人工智能增强辅助决策、作战指控预备辅助支援的作战支撑能力,蓝军作战体系及战法研究、蓝军作战指挥模拟、基于技侦数据的装备模拟等蓝军模拟能力,作战效能、装备运用、作战指挥等考核评估能力^[16,17]。仿真评估系统根据功能定位不同,可分为体系级、平台级、系统级仿真评估系统。体系级仿真评估系统开展战役层面仿真推演、概念验证和复盘评估;平台级仿真评估系统以单平台仿真为需求,开展装备战术运用层面作战仿真评估;系统级仿真评估系统以单武器试验鉴定为需求,开展单装层面作战仿真评估^[18]。

3.4 标准规范

制定科学合理的标准规范使得联合试验环境构建与应用有章可循。标准规范涵盖联合试验设计、试验评估、任务复盘、试验系统构建等应用层标准,试验资源管理、试验资源集成、数据采集、中间件接口、资源库访问、数据库访问、资源封装等服务层标准,仿真模型建模、对象模型建模、数据资源、安全保密等资源层标准规范。

4 靶场联合试验环境构建典型应用

下面以舰艇抗饱和攻击试验和联合防空自防

御试验两个体系级试验任务为例,说明靶场联合试验环境下的典型应用。

4.1 联合防空自防御试验

联合防空自防御试验的作战任务是对我某海域活动的敌驱护舰和飞机进行打击和武器拦截,即我驱逐舰发射反舰导弹分别打击敌两艘驱护舰;由远程舰空导弹和近程反舰炮拦截敌飞机和来袭导弹,实现对空防御;对敌来袭鱼雷进行水声对抗和机动规避。

针对该试验任务,第一步是详细规划到达作战海域、对海打击作战、对潜防御和对空防御作战的作战流程,并制定任务剖面;第二步规划参试装备资源,包括分布式的舰载雷达、水面目标、复杂电磁环境等真实装备,鱼雷、舰载指控、导引头等半实物模拟器,以及内场数字导弹、空中目标、仿真系统等虚拟资源,并制定这些资源间的信息交互关系;第三步封装参试装备资源接口形成资源组件,通过接入代理模块或异构网关将异地异构资源接入联合任务环境构建基础平台,通过任务辅助筹划工具对资源初始化并建立资源间订购发布关系,通过任务资源调度与控制工具和中间件实现资源间的互操作和协同运行。LVC资源与基础平台间的交互关系如图3所示。

该试验任务为对空对潜对海多通道同时实施的联合试验任务,参试资源包括导弹、舰炮、鱼雷及其平台,还有指控系统、传感器、复杂电磁环境以及靶场的测试测量装备、靶标、仿真评估系统等。为了构建复杂对抗环境,不可能全部依靠外场实兵实装,需要半实物模拟器和内场数字仿真系统配合。同时单一靶场由于功能较单一,不能独立完成此类任务,需要联合多个靶场的分布式LVC资源,通过试验网络实现互联,通过靶场联合试验环境构建基础平台实现分布式LVC资源集成和协同运行,通过构建弹炮联合防空试验系统开展体系对抗试验,完成舰艇联合防空自防御试验任务,全面检验装备的作战效能和适用性^[19]。

4.2 舰艇抗饱和攻击试验

舰艇抗饱和攻击试验的作战任务是在南海海域敌方航母编队从海上、空中、水下向我发动饱和攻击的情况下,我方迅速作出反应,实施编队抗饱和攻击。主要包括5个关键事件:作战筹划、航渡接敌,作战协同、兵力展开,导弹临空、

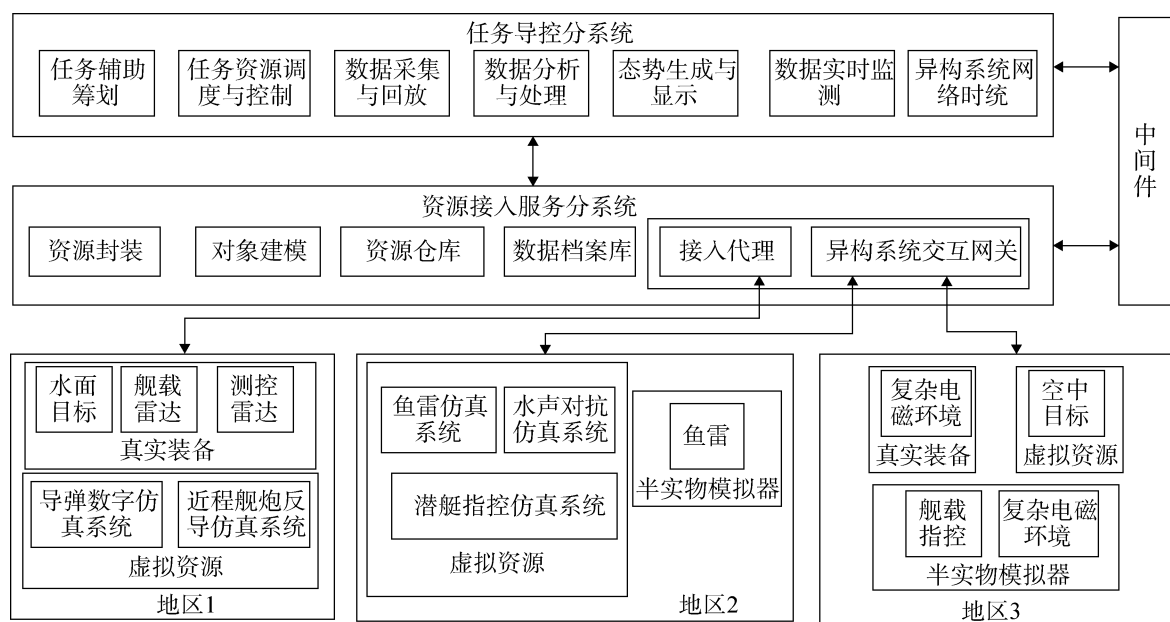


图3 分布式LVC资源与基础平台间的交互关系

Fig.3 Interaction between distributed LVC resources and basic platform

远程防空，中程反导、水下防御，近程反导、水下自防^[20]。

该试验任务中红蓝双方兵力编成规模大，包括海上、空中、水下平台及其通信、雷达、火控、电子战、指控、武器等兵力，需要外场实装、半实物和内场仿真资源的综合集成和协同运行，构建具有多种战术背景的多目标威胁环境，实现从目标探测到弹目交汇的“端到端”完整作战过程，充分考核体系级武器装备的作战能力。

内外场联合试验中实现虚实融合与协同是关键环节^[21]，如通过电子靶标增加威胁目标数量，与真实靶机构设虚实合成多目标营造饱和攻击态势；通过内场数字导弹驱动舰面导弹制导支路实装，实现对导弹的发射和飞行控制；通过数字导弹替代真实导弹实现导弹的飞行、与目标仿真交战、毁伤评估等攻防对抗作战。

5 结束语

当前和今后一个时期，装备试验鉴定将日益体现体系化、实战化的显著特征，从注重单纯验证成果转变为注重体系检验，从典型和理想试验环境检验转变为结合不同战略方向、作战对手和战场环境的综合检验，从单个平台、单一系统检验转变为联合作战对抗条件下的实战化检验，从而带来试验手段由以外场实装试验为主向内外结

合、虚实融合转变，试验模式由区域性独立试验向跨区域、跨军兵种联合试验转变。因此构建“地域分布、逻辑一体”的靶场联合试验环境对进一步提升靶场武器装备综合试验与鉴定能力具有重要意义。

参考文献

- [1] 杨俊岭,唐荣等. 试验鉴定领域发展报告[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017.
- [2] 杜智远,廖学军,包阳. 联合试验任务环境构建总体需求分析研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2020, 34(1): 68-73.
- [3] 王国玉,冯润明,陈永光. 无边界靶场[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [4] 许雪梅. 分布式LVC联合试验环境构建[J]. 遥测遥控, 2017, 38(4): 58-63.
XU Xuemei. Construction of joint test environment based on distributed LVC for range[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2017, 38(4): 58-63.
- [5] 白洪波,李雄伟,张旭光. 开展多靶场联合试验的思考[J]. 装备学院学报, 2016, 27(3): 125-128.
BAI Hongbo, LI Xiongwei, ZHANG Xuguang. Thinking about multi-range equipment joint test[J]. Journal of Academy of Equipment, 2016, 27(3): 125-128.
- [6] 陆志斌,王洪军,李佳桢,等. 基于发布/订阅的LVC互操作方法[J]. 指挥控制与仿真, 2019, 41(3): 37-42.
LU Zhibin, WANG Hongjun, LI Jiazhen, et al. The study

- of a publish-subscribe based LVC interoperation method [J]. Command Control & Simulation, 2019, 41(3):37-42.
- [7] LORENZO M. Joint test and evaluation methodology (JTEM), action officer's handbook for testing in a joint environment[EB/OL]. (2009). <http://www.acqnotes.com/subjects>.
- [8] LORENZO M. Joint test and evaluation (JTEM)—program manager's handbook for testing in a joint environment[EB/OL]. (2009). <http://www.acqnotes.com/subjects>.
- [9] 薄中, 冯策, 孙超, 等. 美军联合任务环境下的能力试验方法分析[J]. 中国电子科学研究院学报, 2018, 13(4): 471-475.
- BO Zhong, FENG Ce, SUN Chao, et al. Analysis of capability test methodology of US army based joint mission environment[J]. Journal of CAEIT, 2018, 13(4): 471-475.
- [10] ACQNOTES. Manual for the operation of the joint capabilities integration and development system [EB/OL]. (2018). <http://www.acqnotes.com/subjects>.
- [11] 徐强, 金振中, 杨继坤. 美军水面舰艇作战试验研究及启示[J]. 火力与指挥控制, 2022, 47(2): 176-179.
- XU Qiang, JIN Zhenzhong, YANG Jikun. Research and enlightenment on the operation test of US army surface ships[J]. Fire Control & Command Control, 2022, 47(2): 176-179.
- [12] 董志华, 朱元昌, 邸彦强, 等. 武器装备联合试验环境构建关键技术[J]. 火力与指挥控制, 2014, 39(7): 5-9.
- DONG Zhihua, ZHU Yuanchang, DI Yanqiang, et al. Review of key technology employed by constructing joint test environment of weapons equipment[J]. Fire Control & Command Control, 2014, 39(7): 5-9.
- [13] 张伟. 海上靶场内外场联合试验系统时空一致性研究[J]. 兵工自动化, 2019, 38(2): 50-54.
- ZHANG Wei. Study on spatiotemporal consistency of internal and external field joint test system in maritime range[J]. Ordnance Industry Automation, 2019, 38(2): 50-54.
- [14] 金振中, 宋琳, 许雪梅. 逻辑靶场公共体系结构设计[M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- [15] 曹裕华, 张连仲, 等. 装备体系试验与仿真[M]. 北京: 国防工业出版社, 2016: 115-215.
- [16] 商乐. 关于靶场开展一体化联合试训环境建设的思考[J]. 舰船电子工程, 2018, 38(4): 7-11.
- SHANG Le. Reflects on construction of integrated joint test and training environment in range[J]. Ship Electronic Engineering, 2018, 38(4): 7-11.
- [17] 吉玉洁, 吴萌. 靶场联合试验评估需求与应用研究[J]. 舰船电子工程, 2019, 39(6): 133-137.
- JI Yujie, WU Meng. Study on the requirement and application of range joint test and evaluation[J]. Ship Electronic Engineering, 2019, 39(6): 133-137.
- [18] 胡晓峰, 杨镜宇, 张明智, 等. 战争复杂体系能力分析与评估研究[M]. 北京: 科学出版社, 2019: 35-152.
- [19] 许雪梅. 靶场公共体系结构设计研究[J]. 遥测遥控, 2018, 39(4): 1-6.
- Xu Xuemei. Research on range common architecture design[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2018, 39(4): 1-6.
- [20] 赵严冰, 崔连虎. 基于LVC的舰艇电子对抗反导能力试验研究[J]. 舰船电子工程, 2019, 39(7): 161-165.
- ZHAO Yanbing, CUI Lianhu. Research on antimissile test of warships electronic warfare based on LVC[J]. Ship Electronic Engineering, 2019, 39(7): 161-165.
- [21] 李晓斌, 郭小威, 袁刚. 基于逻辑靶场技术的导弹内外场联合试验训练系统[J]. 兵工自动化, 2019, 38(6): 9-13.
- LI Xiaobin, GUO Xiaowei, YUAN Gang. Infield and airfield joint testing and training system of missile based on logical range technology[J]. Ordnance Industry Automation, 2019, 38(6): 9-13.

[作者简介]

许雪梅 1969年生, 硕士, 正高级工程师, 主要研究方向为通信与信息系统总体设计和研究。

(本文编辑: 杨秀丽)