

doi: 10.7690/bgzd.2022.04.010

逻辑靶场操作流程设计

张源原, 高 阳, 周晓光, 郭亚楠

(海军航空大学教练机模拟训练中心, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘要: 为正确执行逻辑靶场事件, 充分利用试验与训练使能体系结构(test and training enabling architecture, TENA)资源, 对逻辑靶场操作流程进行剖析。理清 TENA 与逻辑靶场之间的关系, 明确 TENA 资源的种类, 在对逻辑靶场操作概念进行分析的基础上, 对逻辑靶场操作的过程及主要活动进行详细设计。结果表明, 该设计为顺利实施 LVC 测试训练提供了理论基础。

关键词: LVC; TENA; 逻辑靶场; 操作流程; 集成测试

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

Logical Range Operation Flow Design

Zhang Yuanyuan, Gao Yang, Zhou Xiaoguang, Guo Ya'nan

(Trainer Simulation Training Center, Naval Aviation University, Huludao 125000, China)

Abstract: In order to execute the logical range events correctly, the logical range operation process is analyzed by making full use of the test and training enabling architecture (TENA) resources. The relationship between TENA and logical range is clarified, and the types of TENA resources are defined. Based on the analysis of the concept of logical range operation, the process and main activities of logical range operation are designed in detail. The results show that the design provides a theoretical basis for the successful implementation of LVC test training.

Keywords: LVC; TENA; logical range; operation flow; integration test

0 引言

随着武器装备体系化的程度越来越高, 对新式武器和作战概念的测试验证也变得越来越困难。在测试和训练资金普遍减少的情况下, 为了适应未来的集成测试和训练, 美军开始思考如何充分利用先进的信息技术和模拟技术, 整合测试和训练资源。美国国家安全办公室赞助的中央测试和评估投资计划在 20 世纪 90 年代开启了 FI 2010 项目^[1]。该项目的一个重要成果是开发了试验与训练使能体系结构 (TENA)^[2], 并很快形成了真实-虚拟-构造 (LVC) 测试训练方法^[3]。

美国联合兵力司令部于 2007 年提出了 LVC 体系结构路线图 (LVC architecture roadmap, LVCAR)^[4], 其目的是对下一代分布式仿真试验体系结构的发展作出规划, 随着联合任务环境试验能力 (joint mission environmental test capability, JMETC) 计划^[5]的顺利实施, 已完成能满足军事训练、作战分析、装备试验等多用途、LVC 资源一体化的联合试验支撑平台的构建。我国在 LVC 测试/训练上的建设起步较晚, 由于中间件等相关技术基础较为薄弱,

缺乏统一组织协调, 各靶场对 LVC 测试/训练技术及方法掌握不透, 导致发展缓慢。

TENA 旨在以快速、高效的方式实现试验训练靶场、实体设施、虚拟设备以及构造仿真资源之间的互操作, 促进这些资源的重用, 并能快速组成所需功能的靶场^[6]。TENA 提出了“逻辑靶场”的概念, 以促进集成测试和开展基于仿真的物资采购, 从而实现联合构想 2020 需求^[7]。为了能够正确执行逻辑靶场事件, 实现用户需求, 充分利用 TENA 资源, 逻辑靶场建立了完整的流程, 笔者针对该问题, 对逻辑靶场操作概念和 5 项活动进行了剖析。

1 TENA 和逻辑靶场的关系

逻辑靶场集成了测试、训练、模拟, 具备高性能的计算技术, 采用了分布式设计, 在一个通用的虚拟合成环境中, 利用网络将处于不同地理位置的系统用一个公共架构联系起来^[8]。具体可定义为一组共享公共对象模型的 TENA 资源, 这些资源在逻辑靶场事件中, 为实现测试/训练目标协同工作。

TENA 资源^[9-11]是使用 TENA 公共基础设施进行通信和交互的应用程序。TENA 资源包含:

收稿日期: 2021-12-13; 修回日期: 2022-01-28

作者简介: 张源原(1986—), 男, 江西人, 博士, 工程师, 从事模式识别与智能控制研究。E-mail: 109889354@qq.com。

- 1) TENA 中间件和一系列 TENA 对象的靶场应用程序。
- 2) 网关应用程序, TENA-HLA 网关、靶场协

- 议网关、C⁴ISR 系统网关和靶场实体网关等。
 - 3) 为事件设计的 TENA 工具和实用程序。
- TENA 资源之间的相互关系如图 1 所示。

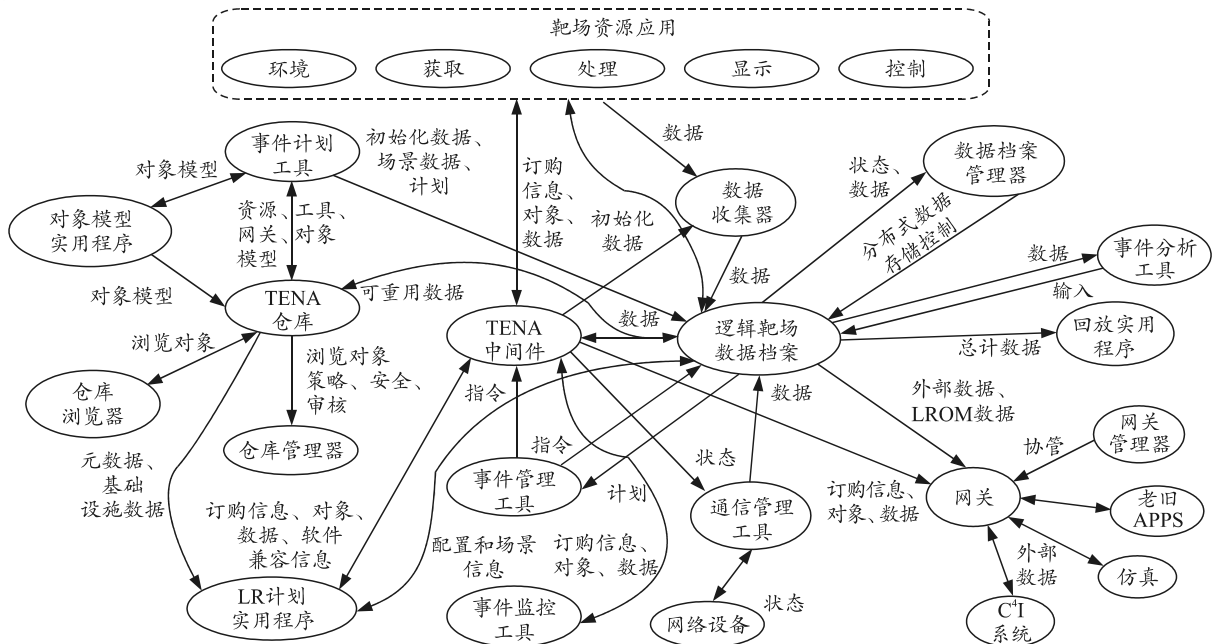


图 1 TENA 资源及其相互关系

2 逻辑靶场操作概念

逻辑靶场操作概念^[12]描述了使用 TENA 执行靶场活动的流程, 目前主要有 4 种关于进程描述的文档, 这些进程描述是逻辑靶场操作概念的基础: 靶场指挥委员会通用文档系统 (universal documentation system, UDS)^[13]流程, HLA 联邦开发与执行过程 (federation development and execution process, FEDEP)^[14], TENA 基线报告中的逻辑靶场流程^[15]和 TENA 联合总体需求文档中的流程。基于上述 4 个文档, 将靶场操作流程分为如图 2 所示的 3 个时间段和 5 项基本活动。

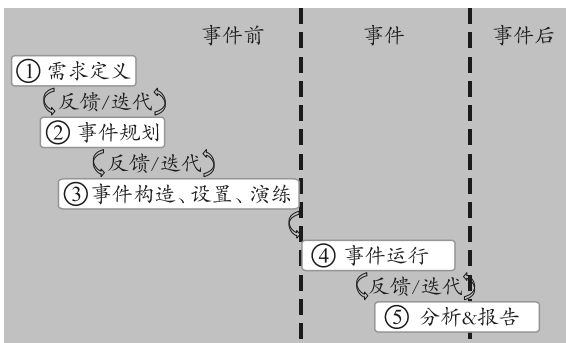


图 2 逻辑靶场中的阶段和活动及其关系

3 个阶段分别为事件前、事件中和事件后。事件是指正在发生的测试被测系统的活动或者训练演习活动。在这些阶段中共包含 5 项基本活动:

- 1) 需求定义。定义靶场活动的目标。
- 2) 事件规划。完成事件的所有计划, 包括场景的定义。
- 3) 事件构造、设置和演练。事件的所有物理准备工作都已完成, 包括软件开发、LROM 创建、硬件和通信系统设置以及测试。
- 4) 事件运行。执行预定设想, 并收集数据。
- 5) 分析和报告。根据事件目标, 分析收集的数据, 并生成报告。

以下针对上述 5 项基本活动目标, 对其具体实施过程进行设计。

3 逻辑靶场活动设计

逻辑靶场参与者众多, 包括军工设计单位人员、靶场实验人员以及与之相关联的开发人员等, 具体可分为 6 类:

- 1) 靶场用户提供启动靶场的目的及相关要求。
- 2) 事件分析人员负责事件数据收集和评估。
- 3) 逻辑靶场开发人员为事件设计可用资源, 并与资源所有者协作确定资源的最佳选择。
- 4) 资源所有者提供资源以支持事件, 并提供维护资源配置管理服务。
- 5) 靶场资源开发人员为资源所有者开发必要功能或者提供升级服务。

6) 事件指挥人员在事件执行时负责管理监督工作。

以下对逻辑靶场的 5 项主要活动进行设计。

3.1 需求定义活动

该活动主要由靶场用户和事件分析人员完成, 系统分析靶场用户需求, 形成文档。具体将该活动分为 5 个子步骤:

1) 确定任务需求。

重点分析时间、成本及设备可用性问题, 确定性能测量方案, 关键性能等参数。

2) 确定事件目标。

3) 设计顶层方案。

首先, 确定参与事件的部队、战术系统和设备, 确定操作线程和事件; 其次, 确定操作环境及限制; 最后, 给出所有实体及其行动, 从而形成顶层方案。

4) 逻辑靶场概念分析。

逻辑靶场同时存在真实、虚拟及构造单位, 需要忽略实体与模拟的差异性, 设计事件, 建立逻辑靶场概念模型。概念模型是靶场资源支持计划的基础, 由此可深入了解靶场试验设备、数据收集、通信和靶场资源调度。

5) 确定事件需求。

根据上述步骤中的结论, 形成事件需求的正式文档, 供逻辑靶场开发人员使用, 并形成计划分析方案, 即根据用户需求、方案和靶场概念模型等来确定事件期间收集的数据, 以及对这些数据进行运行、分析和操作, 进而得出用户所需的结论。

3.2 事件规划活动

该活动主要由逻辑靶场开发人员完成。为了后续事件的构造和演练活动, 需要制定出详细的执行方案以及关于逻辑靶场配置运行描述; 因此, 事件计划活动主要完成逻辑靶场执行详细计划的制定, 具体设计为 6 个步骤:

1) 确定所需资源。

主要包括参与人员、计算机、软件、网络、靶场资源应用、测试系统和/或训练观察者。

2) 研究历史事件信息。

寻找对事件有帮助的经验数据。这些信息包含在 TENA 仓库中。

3) 制定事件日程。

制定计划协调多个靶场之间的活动。具体应确定以下信息: 资源使用及验证时间、网络组件集成

和测试时间、事件演练时间以及实际事件运行时间等。在此步骤中可以使用事件规划工具套件辅助逻辑靶场开发人员创建日程。

4) 开发详细方案。

在制定的日程基础上, 使用事件规划工具套件进一步细化顶层方案, 包括确定参与的部队和行动规范、训练事件的时间线以及对应的靶场资源的使用计划。

5) 分析逻辑靶场概念, 并确定逻辑靶场。

使用逻辑靶场计划实用程序对逻辑靶场概念进行完整的分析, 开发和模拟逻辑靶场的信息架构, 确定靶场资源应用数据的产生及使用, 并映射到逻辑靶场配置中。

6) 完成所有相关事件的详细计划。

主要涉及测试/训练所需要的网络、通信协议、接口控制、靶场安全及操作程序、测试过程及相关人员的安排等, 同时做好后续事件分析工作的计划。

3.3 事件构造、设置和演练活动

该活动主要由逻辑靶场开发人员与靶场资源开发人员完成。在上一活动中, 对事件进行了详细的设计, 而事件是靶场活动的主要对象之一, 需要在符合 TENA 规范的前提下, 开发执行事件所需的软件、数据库和配置; 因此, 将事件构造、设置和演练活动设计为 5 个步骤:

1) 定义逻辑靶场对象模型。

针对逻辑靶场出现的实体、设备及功能, 定义对象模型。

2) 升级靶场资源应用。

针对在靶场中出现的新硬件和新功能、算法作出必要的更新。

3) 创建初始化数据(场景、环境)。

使用事件规划工具套件创建场景信息、合成环境信息及运行等参数, 并存储在逻辑靶场数据档案中。

4) 设置和测试逻辑靶场。

集成逻辑靶场的硬件、软件、数据库和网络, 并进行测试, 确保能够正确通信和运行。

5) 事件演练。

完成上述步骤后, 可以对测试事件进行演练。

3.4 事件运行活动

该活动的主要参与者是事件指挥人员。在演练结束后, 处理完演练所发现的问题, 即可开始正式执行事件, 为了方便管理, 将事件运行活动划分为

6个步骤:

1) 事件初始化。

从逻辑靶场数据仓库读取逻辑靶场资源初始化信息,并进入操作状态。

2) 控制和监视靶场资源。

在事件执行期间控制并监视各靶场资源应用,确保正确运行。

3) 执行计划好的方案。

4) 获取和归档数据。

按照数据收集计划,启动数据收集器收集数据,并存储在逻辑靶场数据仓库中。事件分析人员通过数据档案管理器工具管理数据。

5) 管理和监视逻辑靶场。

使用事件管理器和事件监视工具管理、监视并根据实际情况调整逻辑靶场,确保满足靶场用户目标。使用通信管理器工具监控和管理逻辑靶场内使用的网络,确保正常通信。

6) 评估正在进行的事件。

对正在进行的事件进行分析,确保事件按计划执行,满足靶场用户目标。

3.5 分析和报告活动

该活动主要由事件分析人员完成。在事件运行活动过程中,收集到大量数据。为了从测试/训练中查找问题,需要对执行过程中收集的数据以及事件运行过程本身进行详细地审查和分析,并结合目标,找到解决问题的方法,进而确保完全实现用户的目标。对于训练事件来说,事件运行活动本身即体现了训练的价值,而分析活动对训练受众和其他事件参与者都提供了重要的反馈。从数据出发,回顾事件运行过程,从观察到的问题入手,分析讨论,找到解决问题的方案。因此,分析和报告活动可以分为6个步骤执行:

1) 快速生成可查看的测试/训练回顾。

按照事件计划活动中确定的分析计划,在事件进行过程中,开展此项工作。

2) 数据融合。

由于事件数据来自不同地理位置上的系统,所以需融合所有数据,才能进行有效分析。

3) 再处理和精简数据。

完成数据解释工作,将事件数据转化为知识,表明了事件中发生了什么,以及为什么以这种方式发生。需要对数据进行分析,进而确定被测系统的执行情况,或者是训练对象的行为,并确定事件期

间体现出的重大问题。

4) 生成测试任务/回放/演习训练简报。

使用 TENA 回放实用工具选择事件某部分进行回放,以更好地理解所发生的问题,并进行总结。

5) 生成最终事件报告和事件数据包。

编写最终事件报告(包含与事件目的相关的所有信息的总结和分析),汇总事件数据分发给用户。

6) 记录、分发和存档“经验教训”。

通过测试/训练,每个逻辑靶场都生成了相关技术、配置、问题、解决方案等的知识库。这些经验教训对之后的靶场事件执行有着重要的指导意义。将这些内容存储在 TENA 仓库中,供逻辑靶场开发人员查看学习。

4 某型飞机战术验证仿真实验

战术训练属于航空兵部队的高难度科目,包括多机种异(同)地战术训练和航空兵战法训法研究等内容。为了能够有效提高训练水平,在实飞之前,针对某型飞机新型战术进行验证,利用地面仿真模拟器,采用逻辑靶场操作概念对战术验证仿真实验活动进行设计。

如图3所示,地面仿真模拟器包含4台某型飞机仿真座舱(红军)和4台台式模拟训练器(蓝军),其中仿真座舱属于V域,台式模拟训练器属于C域,可以人工添加F-18战斗机和F-16战斗机。

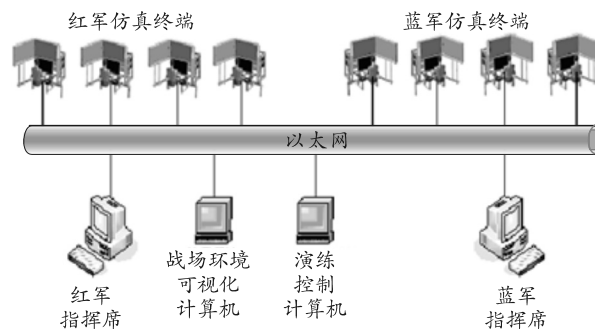


图3 战术对抗训练仿真系统

该系统主要包括4个主要部分:

1) 战术对抗模拟训练系统。

如图4、5所示,战术对抗模拟训练系统主要包括红蓝军仿真终端、红蓝军指挥席、战场2维/3维态势可视化系统、演练控制系统、数据链指挥系统。

2) 飞行模拟训练系统。

主要包括座舱系统、操纵负荷系统、飞行仿真系统(包括复杂系统建模与高逼真度模型开发技术)、视景系统、仪表系统、音响系统、运动系统、接口系统、主控系统、教员控制台系统等。

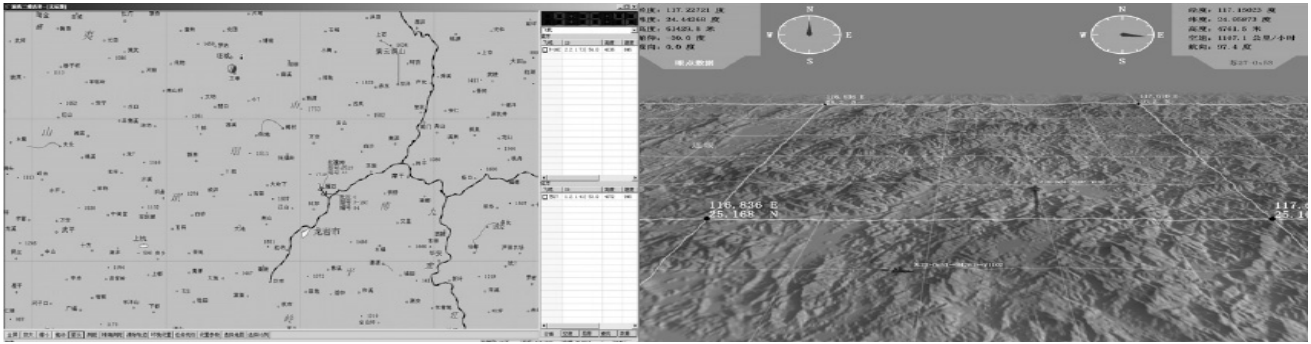


图 4 2 维/3 维态势

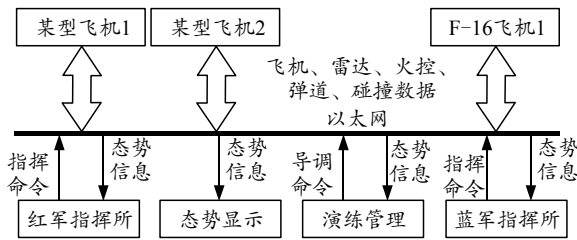


图 5 战术对抗训练仿真系统信息流程

3) 空战对抗效果评估系统。

利用飞行模拟训练飞行数据，进行 3D 回放和演示，并结合飞行训练大纲中的评分标准，通过对其离散量化，建立各飞行科目、空战对抗的评估模型，实现模拟器飞行训练质量和空战对抗效果的计算机智能评估。

4) 联网战术飞行训练系统。

使用基于 TENA 的中间件，实现多模拟器的实时仿真；并在通信机制和关键接口一致性的基础上，保证系统的可扩展性和重构性。

将逻辑靶场操作流程应用于某型飞机战术验证仿真实验中，确定了人员分工及职责，理清了关键流程，能够有效促进实验的开展，缩短战术验证时间，为真实演练提供了参考数据。

5 结束语

笔者在介绍逻辑靶场操作概念基础上，详细设计了逻辑靶场活动的实施过程，为顺利实施 LVC 测试/训练提供理论基础。

参考文献：

[1] HAIMES Y Y, LONGSTAFF T, LAMM G A. Balancing Promise and Risk with Information Assurance in Joint Vision 2020[J]. Military Operations Research, 2002, 7(3): 31-46.

[2] US DoD. TENA-the test and training enabling architecture reference document 2002[EB/OL]. [2011-12-19]. <http://www.tena-sda.org>.

[3] DIGENNARO M, WALKER O, DOSHI S, et al. Use of Live Virtual & Constructive (LVC) technology for large

scale operational tests of net-centric systems[C]. IEEE, Military Communications Conference MILCOM, 2010: 234-240.

[4] COOLAHAN J E, ALLEN G W. LVC ARCHITECTURE ROADMAP[J]. M & S Journal, 2009, 23: 15-30.

[5] HUDGINS G, POCH K, SECONDINE J. TENA and JMETC, enabling integrated testing in distributed LVC environments[J]. IEEE, 2011: 1-8.

[6] SANNA A, HENRIK A, MIKAEL M, et al. Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology[J]. Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology, 2020: 1-12.

[7] MATTHEW T, MICHAEL D, BUDER S. Disaster factor screening using SoS conceptual modeling and an LVC simulation framework[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2017, 165(C): 368-375.

[8] HUDGINS G, POCH K, SECONDINE J. TENA and JMETC, Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology[J]. IEEE, 2011: 161-170.

[9] 涂亿彬. LVC 联合试验体系结构及关键技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2016: 20-40.

[10] 王龙. 联合任务环境基础模型构建技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.

[11] 董弘健. 联合试验平台虚拟综合自然环境架构研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.

[12] HUDGINS G, POCH K, SECONDINE J. TENA and JMETC, Enabling integrated testing in distributed LVC environments[C]//2011-MILCOM 2011 Military Communications Conference. Baltimore, MD, USA, IEEE, 2011: 2182-2187.

[13] WATSON G. Universal Documentation System Handbook-An Introduction to the Universal Documentation System[R]. US government science and Technology Report, 1984.

[14] LUTZ R. FEDEP V1.4: an update to the HLA process model[C]//Simulation Conference. IEEE, 1999, Phoenix, AZ, USA, 1999: 1023-1044.

[15] NOSEWORTHY J R. The Test and Training Enabling Architecture (TENA)[C]//IEEE/ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real-Time Applications, 2008. Ds-Rt. IEEE, 2008: 259-268.