

doi: 10.7690/bgzdh.2021.10.015

美军仿真技术及其应用现状分析

王召阳, 常家辉, 白子龙

(中国兵器工业集团第二一〇研究所, 北京 100089)

摘要: 为加速推进建模仿真技术应用向一体化、实战化方向转变, 在借鉴美军经验的基础上探索我军用仿真技术发展方向。对美国军用仿真技术及其发展现状进行分析, 阐述供应商情况、投资规模等产业发展情况, 重点分析美国军用仿真技术在作战实验、模拟训练、装备论证和联合试验等领域的应用转化。该研究可为理清我国军用仿真技术发展方向和重点、完善我国军用仿真体系建设提供借鉴和支撑。

关键词: 军用仿真; 作战实验; 模拟训练; 装备论证; 联合试验

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Analysis of US Military Simulation Technology and Application Status

Wang Zhaoyang, Chang Jiahui, Bai Zilong

(No. 210 Institute of China North Industries Group, Beijing 100089, China)

Abstract: In order to accelerate the transformation of the application of modeling and simulation technology towards integration and actual combat, we will explore the development path of our military's simulation technology based on the experience of the US army. Analyze the US military simulation technology and its development status, expound the industrial development of suppliers, investment scale, and focus on the application and transformation of US military simulation technology in combat experiments, simulation training, equipment demonstration, and joint testing. The research can provide reference and support for clarifying the development path and key point of our military simulation technology, and improving the construction of our military simulation system.

Keywords: military simulation; combat experiment; simulation training; equipment demonstration; joint experiment

0 引言

仿真技术作为影响国家安全的关键技术之一, 在军事领域的应用已越来越受到各军事强国重视, 军用仿真领域的竞争已被视为现代化战争的超前较量。军用仿真技术已成为未来战争战法研究与评估、未来武器装备设计与制造、演习训练方法实践与创新的有效手段^[1]。从军用仿真技术领域的重点事件来看, 以美国为代表的仿真技术优势国家在战略规划、装备发展、作战训练等需求牵引下, 以应用新兴技术为推动力, 在加速推进建模与仿真技术发展、完善军用仿真技术产业布局及应用转化方面不断探索、创新与实践, 并取得了重要进展, 推动了军用建模仿真技术进一步发展; 因此, 笔者对美军仿真技术及其应用现状进行分析。

1 美国军用仿真技术发展现状

美国一直将建模与仿真列为重要的国防关键技术, 专门成立了国防建模与仿真办公室, 公布“国防建模与仿真倡议”, 将“综合仿真环境”列为保持

美国军事优势的 7 大推动技术之一^[2]。美国国防部将“建模仿真”列为“有助于极大提高战备、现代化、部队结构、持续军事能力”的一项重要的国防技术, 以需求为牵引、以积累为基础、以创新为驱动, 建立了覆盖战略、战区/战役、战术/任务、交战/系统层级, 涉及各军兵种及联合作战的真实、虚拟、构造全谱仿真系统、设施和环境^[3]。美军的建模仿真活动与其军事战略及担负的使命任务密切相关, 并随着战略重心向“非传统威胁”倾斜, 其研究重点也在发生相应改变^[4]。近年来, 美军在虚拟样机与虚拟采办技术、半实物仿真技术、战场环境仿真技术、仿真试验鉴定评估技术和联合作战仿真推演技术等方面不断取得新的发展与进步。

1.1 “数字孪生”从概念走向现实

数字孪生技术最先由美国军方提出应用研究。美军采用数字孪生技术, 实现了在武器研制、生产、训练、作战支持的全过程模型化驱动, 虚拟装备与实装虚实融合, 最终实现以虚控实。美国海军宙斯盾“虚拟双机”作战系统成功进行首次实弹拦截试

收稿日期: 2021-06-15; 修回日期: 2021-07-20

作者简介: 王召阳(1980—), 男, 河北人, 硕士, 高级工程师, 从事先进制造技术、建模与仿真技术研究。E-mail: diamt@126.com。

验,在巡洋舰或驱逐舰上完成了对新升级系统的测试,是数字孪生技术应用于复杂系统的重要里程碑事件。美空军与波音公司合作构建出 F-15C 机体的数字孪生模型,利用集成计算材料工程等先进手段实现多尺度仿真和结构完整性诊断,实现残余应力、几何结构、有效载荷与边界条件、有限元分析网络尺寸以及材料微结构不确定性的管理与预测。美国国防部全面规划装备采办领域建模仿真技术发展,加速向全面数字工程转型。美国国防部发布的《数字工程战略》,旨在建立数字工程生态系统,将国防部以文档为中心的装备采办流程或决策活动转变为以数字模型为中心。其中,数字孪生技术被认为是推动工程实践转型的重点创新技术之一。

1.2 半实物仿真技术全面支撑装备研制

美军高度重视半实物仿真技术的发展,已形成功能完备的半实物仿真试验能力,有力地支撑了各种新型武器装备的论证、设计、试验、鉴定、定型、使用及训练评估^[5]。美国陆军高级仿真中心(ASC)、海军空战中心仿真实验室、Eglin 空军基地测试研究中心(AFB)等已建成了规模大、技术先进的全波段红外成像制导、全频段射频制导、射频/红外复合制导、射频/红外/激光 3 模共孔径复合制导等半实物仿真系统,完成了动能杀伤飞行器 KKV、爱国者及改进型导弹等半实物仿真试验验证,组建了包含美陆军 PTTC、空军 AFDC、海军 SIMLAB 等的一体化半实物仿真网络,实现了远距离地面设备、导弹部队及半实物仿真系统的实时链接,并用于大规模军事演习。评估复杂系统的仿真技术得到快速发展,美国导弹防御局和诺·格公司采用复杂系统仿真技术,完成了弹道导弹防御系统性能评估^[5]。

1.3 战场环境仿真水平不断提升

美军采用虚拟现实技术模拟真实战场环境和作战区域的环境特征,使受训士兵在视觉和听觉上真实感受战场氛围。通过必要设备与虚拟环境中的对象进行交互和影响,让士兵产生等同真实作战环境的感受和体验^[6],如美国哈里斯公司开发一种用于战场的新型高光谱传感器增强技术,可以让士兵在普通颜色之外,看到每个物体或材料发出的独特电磁能特征,帮助士兵在严苛的环境或距离条件下识别物体,为态势感知提供更精细的战场视图,并采用人工智能、机器学习和其他复杂的处理技术确保战场影像的准确度。VT MAK 公司发布 VR-

Engage1.0 多角色虚拟仿真器,可作为角色扮演工作站、教官辅助设施、桌面模拟游戏,甚至可进行虚拟现实头盔体验,独立运行,并通过开放标准与第三方计算机生成兵力系统实现完全互操作。TerraSim 公司发布虚拟地形生成软件 TerraTools 5.9,通过批处理模式管理器和分布式处理技术,来处理多个地形单元,大大缩短了生成大区域、多地图 VBS 环境所需的时间。

1.4 仿真试验鉴定评估技术能力不断升级

近年来,美军提出“仿真试验与鉴定过程”概念,长期推行仿真试验与鉴定的一体化,在进行武器装备鉴定定型的同时,同步规划仿真试验与真实飞行鉴定定型试验^[7]。美国四代机攻击机 F-35、陆军未来作战系统、海军 DDG1000 等武器系统研制项目中大量采用复杂系统仿真技术,全面支持系统的开发测试、实弹测试评估和作战测试。美空军针对“多域战”提出一种实施一体化试验鉴定的“Deep-End”理论。基于此理论重新定义了一种一体化/混合试验方法,要求作战试验人员的持续早期参与,指出以“联合试验鉴定方法”和“联合任务环境试验能力”为代表的试验和分布式试验是美军为适应未来信息化战争一体化联合作战和多域战等新型作战样式而发展的最佳试验与鉴定方法,其核心理念是“像作战一样进行试验和训练”,实现更完善的基于能力的一体化试验鉴定。

1.5 联合作战仿真推演技术稳步推进

近年来,美军完成了不同条件下的作战演习和兵器推演,有力地支撑了新作战概念和作战理论的分析决策。美军通过建立“虚拟战场”,使参战双方根据虚拟环境中的各种情况及其变化,实施与实战一样的对抗演习。众多军事单位可在这样的虚拟作战环境中参与作战,且不会受到地域限制,大大提高了战役训练的效率^[6]。美国国防高级研究计划局(DARPA)与洛克希德·马丁公司在美国海军空战中心完成“体系综合技术与试验”(SoSITE)项目多域组网飞行试验,验证了“分布式空战”理念。美国空军为探索“多域作战”概念,开展了杜利特尔系列仿真演习。洛克希德·马丁公司为此进行多次兵器推演,研究如何跨域指挥控制,提高空中、太空和网络领域的协同作战。

2 美国军用仿真技术应用现状

美国基于绝对领先甚至跨代优势的装备和技术

发展思路、多次局部战争实践及军事转型和武装力量建设改革的需要,以超越知识传播的速度创新,通过立法和鼓励技术创新相结合,大力推动仿真技术的研究创新和应用转化,正在将军事仿真系统大量应用到军队作战实验、模拟训练、装备论证和联合试验等方面,推动着军用仿真技术的不断发展和军事变革^[7]。

2.1 应用仿真系统支撑装备全生命周期研发

美国在新型武器系统研制中大量采用仿真技术,全面支持系统的研发测试、实弹测试评估和作战测试^[7]。半实物仿真、数字仿真等先进仿真应用不仅成为武器装备技术发展和系统研制的重要实验手段,而且成为新型武器装备研制的必备环节。从美国国防部制定装备的发展战略、规划计划、采购部署到维修退役,美军大力推行基于仿真的采办,将仿真应用到装备建设的全生命周期。在支撑武器装备研制与评估方面,美国导弹防御局支持的多个项目涉及应用建模与仿真技术,如“宙斯盾”系统试验项目中,将对其系统进行建模仿真和地面试验,使导弹防御局和作战司令部全面掌握该系统的作战能力^[7]。在支撑半实物仿真验证方面,美国空军研究实验室(AFRL)与系统集成服务商 Engility 公司签订合同,用于支持 AFRL 的动能杀伤半实物仿真高级研究技术(KSTAR)项目,发展多光谱和多模态现象学建模能力,以帮助空军通过使用集成指导仿真支撑武器系统的研制。

2.2 模拟实战,广泛用于专业技能提升与联合演习

军用仿真系统已成为美国军事训练的支持手段、作战分析的决策依据。美军认为,运用计算机进行模拟对抗训练,是一种可以最大限度贴近实战的训练方式。据美军统计,从未参加过实战的飞行员在经过模拟对抗训练后,其首次执行任务的生存概率可以由 60% 提高到 90%^[8]。美军从装备训练仿真、业务训练仿真和指挥训练仿真 3 方面着力,研制开发各类训练模拟器和系统,如飞行训练模拟器、炮兵模拟训练系统等,通过虚拟作战环境和模拟作战流程让训练人员快速掌握宝贵的操作技巧和作战经验。逼真的视觉、听觉甚至运动感受还能使训练人员获得真实的操作体验。如美国海军研究局的“斯巴达新兴技术与创新周”演习,使用交互式战术决策游戏、增强沉浸式团队训练系统以及基于四旋翼无人机的地形快速测量与建模等技术,帮助士兵在

安全环境下遂行多种仿真任务,增强指挥官在多变战场环境下快速知情决策能力。美国“红旗”军演首次使用诺斯罗普·格鲁曼公司的 LVC 实验集成和作战套件(LEXIOS),美国陆军、空军联合演习中应用逼真的虚拟训练场景来模拟真实的作战场景。

2.3 利用仿真系统,完善“多域战”概念

未来战争形态涉及多地区、多领域、多军种、联合作战等,跨所有作战域的作战执行能力则需要无缝的指挥与控制结构^[7]。通过观察和分析受控变量与观测结果的因果联系或关系,识别、开发、评估、提出新的作战概念和任务能力及条令、组织、训练、物资、领导、人员、设施的变革需求,依据对作战带来的影响和效果,为转型、改革、发展提供决策支持,尽快将新的理念、技术、能力形成部队实战能力,是美军应对未来战争挑战的重要手段。美国洛克希德·马丁公司针对“多域战”概念进行一系列作战演习,探索发展“反介入/区域拒止”的作战能力,以及相应的作战概念和武器运用。DARPA 向 BAE 系统公司提供资金支持,用于开发数字化实验室,支持美军快速评估及整合太空指挥和控制技术。通过建立虚拟太空战区,协助美军指挥官更好地了解太空环境和潜在威胁,以及对指挥官开展多域作战训练。

2.4 军事试验鉴定评估能力不断提升

美军为满足不断发展的军事作战需求,运用建模仿真技术不断提高试验鉴定与决策水平,不断提升装备能力评估的全面性和客观性^[9]。美国国防部作战试验鉴定局近几年的财年报告都重点关注建模仿真能力建设。2017 财年,美国国防部要求未来的试验基础设施不仅聚焦开放空域的试验场,而且要融合软件试验台、软/硬件在回路设施、暗室、开放空域仿真器、威胁仿真器、基于效果的建模仿真以及开放空域设施等,采用建模仿真提升作战真实性,并要求采办界和试验界提升建模仿真能力。2018 财年,美国国防部持续开展联合试验鉴定项目,大力推进建模仿真工具的广泛应用。2019 财年,美国国防部作战试验鉴定局将推动作战试验和实弹射击试验建模仿真工具的开发工作,并通过真实系统与环境数据持续进行校核、验证与确认过程,不断提升模型可信度。倡议所有装备发展相关方,充分了解建模仿真的优势和局限性,开展广泛合作,支撑更加有效的“模型—一试验—一模型”过程^[9]。

3 美国军用仿真技术产业现状

3.1 基础雄厚，各军工集团纷纷布局产业发展

仿真计算机、仿真软件、各种专用仿真设备和训练仿真器等，在美国已赢得广泛市场，形成了一支高技术产业力量。美国军用仿真产业具有雄厚的工业基础作保障，为军用仿真计算机和仿真设备的研究与发展提供了优越的条件。美国已出现从事仿真技术研究、仿真系统研制及仿真技术应用的专业公司，如波音公司、洛克希德·马丁公司、罗克韦尔·柯林斯公司、诺斯罗普·格鲁曼公司等。这些公司在精确制导武器仿真、作战训练仿真等方面各有突出成就，拥有先进的仿真系统，集中了大批专业科技人员。例如波音公司负责建成的美国陆军高级仿真中心，集红外、射频、光电 3 种目标和背景仿真系统于一体，适用于多种型号导弹制导控制系统的仿真。洛克希德·马丁公司 Prepar3D 仿真软件的“合成人”功能，为美国空军、海军和海军陆战队提供更加逼真、更具不可预测性的博弈对抗环境。罗克韦尔·柯林斯公司向美国海军提供 E-2D 战术训练仿真器，实现了与其他训练仿真器的连接，并支持 LVC 环境中的高逼真度训练^[9]。

3.2 高度重视，产业投资规模不断扩大

美国军方高度重视对建模仿真领域的资金支持，据美国彭博政府网站最新发布的《陆军市场：预算与机会》报告，最近几年美陆军在训练、建模与仿真方面的支出显著增长，2015 财年，陆军用于训练、建模与仿真方面的非保密合同应付款项总额为 16 亿美元，2016、2017 和 2018 财年分别增至 18、23 和 24 亿美元，2019 和 2020 财年更是分别增至 27 和 30 亿美元。根据最新数据，今年陆军已通过其他交易授权(OTA)授出约 33 亿美元的合同，待更多的合同数据发布后，预计该数字将出现增长。在其他资金支持方面，2019 财年，美国国防部授予洛克希德·马丁公司价值 9 300 万美元的合同，为美国国家赛博靶场提供军事赛博安全仿真和任务推演能力；美国空军研究实验室(AFRL)授予科学应用国际公司(SAIC)一份价格达 5 800 万美元的激光辐射生物效应和安全合同，计划为其研究激光生物效

应，推进视觉科学，进行建模和仿真。2020 年 2 月，美国国防高级研究计划局(DARPA)发布 2021 财年“研究、开发、试验与鉴定”预算申请，其中“突击破坏者 II”项目旨在开发先进建模、仿真和实验环境，构建跨域(海底到太空)、跨军种的新型作战结构，预算为 7 135 万美元，较上年增长 4 335 万美元，增长部分主要用于演示验证 DevOps 环境以及所需软件和模块。

4 结束语

立足实战化训练需求，借鉴美军经验，可探索我军用仿真技术发展方向：1) 自主研发高性能军事仿真平台，构建逼真的模拟训练环境。借鉴美军在虚拟作战环境和模拟作战流程方面的技术优势，积极推进我军自主可控仿真引擎的研究，用以提升虚拟训练场景的逼真度与多样性。2) 不断加强与前沿技术深度融合，拓展仿真技术应用领域。持续关注美军开展基于数字孪生技术对仿真技术的影响，积极开展相关模式与体系架构研究，推动我军相关仿真工程支撑平台技术的快速发展与应用。

参考文献：

- [1] 邱宏燕. 美军仿真技术发展状况研究及启示[C]//系统仿真技术及其应用. 北京：中国科学技术大学出版社，2010：269-273.
- [2] 徐享忠，郭齐胜. 军用仿真发展现状与展望[J]. 装甲兵工程学院学报，2019，33(1)：75-85.
- [3] 黄勇，孟庆鑫. 浅谈仿真技术在军事领域内的应用[J]. 计算机与网络，2015(6)：63-67.
- [4] 陈亚洲，张鹏. 美军面向多样化军事任务的建模仿真研究[J]. 指挥与控制学报，2018，4(2)：90-94.
- [5] 黄瑞松，李海凤. 飞行器半实物仿真技术现状与发展趋势分析[J]. 系统仿真学报，2019，31(9)：1763-1774.
- [6] 张岩. 军事仿真应用与展望[J]. 科技信息，2010(35)：482.
- [7] 张海峰，李莉. 军用建模仿真领域发展报告(2017)[M]. 北京：国防工业出版社，2017：3-14.
- [8] 孙柏林. 虚拟现实技术在美国军队中的应用述评[J]. 计算机仿真，2018，35(1)：1-7.
- [9] 张海峰，李莉，孙磊，等. 军用建模仿真领域发展报告(2018)[M]. 北京：国防工业出版社，2018：10-14，82-90.