

doi: 10.7690/bgzd.2023.08.006

## 美国陆军综合训练系统的发展现状与趋势综述

王岳, 王锦秀, 陈晨, 王亚平, 沙琨

(海军军医大学卫生勤务学系海军卫生信息中心, 上海 200433)

**摘要:** 为充分掌握美国陆军训练动态, 系统阐述综合训练环境 (synthetic training environment, STE) 系统的架构、功能, 分析扩展现实、AI 等新信息技术在系统中的应用, 基于投入的国防预算论述系统的发展现状及未来趋势。结果表明: 该研究可为我军士兵作战和指挥官训练系统建设提供参考, 帮助我军更好地应对威胁和挑战。

**关键词:** 美国陆军; 综合训练系统; 信息技术; 建设现状; 发展趋势

**中图分类号:** TJ06 **文献标志码:** A

### A Review on the Current Situation and Future Trend of the US Army's Synthetic Training Environment

Wang Yue, Wang Jinxiu, Chen Chen, Wang Yaping, Sha Kun

(Naval Healthcare Information Center, Department of Military Health Service, Naval Medical University, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** In order to fully grasp the training dynamics of the U.S. Army, the architecture and functions of the synthetic training environment (STE) system are systematically described, the application of new information technologies such as augmented reality and AI in the system is analyzed, and the development status and future trends of the system are discussed based on the national defense budget input. The results show that the research can provide reference for the construction of our army's soldier operation and commander training system, and help our army better deal with threats and challenges.

**Keywords:** US army; integrated training system; information technology; construction status; development trend

## 0 引言

随着科技的快速发展, 作战空间不断扩展。美国陆军认为中国、俄罗斯在电子、网络、太空等领域新型作战力量的快速部署, 正在削弱其作战优势。为巩固美国全球霸主地位, 美国陆军必须提供真实、复杂的作战环境训练, 提升未来军队领导人和士兵的作战能力, 做好全面军事斗争准备。然而, 美国陆军需求监督委员会发现陆军在综合技术领域已经落后<sup>[1]</sup>, 美国陆军现有的集成训练环境 (the integrated training environment, ITE) 是不同非系统训练环境的简单集合体, 采用的技术落后, 不具备互操作性, 无法有效进行多级分布式训练<sup>[2]</sup>。

为帮助士兵在世界各地开展多级、多域训练, 美国陆军开始建设综合训练环境 (STE), 提高军队备战打仗能力, 保持战备状态。相较于 ITE, STE 训练系统的现实性、互操作性、可负担性、可靠性、适应性和可用性有了很大提升。当前, STE 被确定为美国陆军六大现代化优先事项之一<sup>[3]</sup>。

## 1 STE 概念

STE 是以士兵为中心的下一代分布式模拟训练系统, 能够模拟最新的作战环境, 允许陆军在现场、虚拟、建设和综合 4 种环境中进行战术和战略训练<sup>[4]</sup>, 支持部队在陆、海、空、电子、网络和太空等多领域统一陆地作战。其中, 建设性训练是指军职人员输入模拟参数, 由虚拟人员操作虚拟系统, 系统自动推演训练结果的训练。

此系统可模拟当前和未来部队结构、武器效果、作战功能、多军种跨国联合作战、人类交互、超大规模城市地形和“近乎旗鼓相当的竞争对手”威胁, 帮助陆军摆脱训练演习限制, 支持陆军计划、准备、执行和评估合成兵种机动训练及任务指挥训练等, 为地面士兵、徒步步兵、战地指挥所等提供服务。现役、预备役、国民警卫队以及平民能随时随地访问 STE, 在基地、战斗训练中心、驻地等重复开展联合作战演习训练<sup>[5]</sup>。STE 采用商用现货和政府现货硬件来维持软件的并发性, 采用开放式架构支持新技术的融入, 这可有效降低系统成本。

收稿日期: 2023-04-27; 修回日期: 2023-05-25

作者简介: 王岳 (1992—), 男, 河南人, 硕士。

通讯作者: 沙琨 (1977—), 男, 山东人, 博士。

## 2 STE 架构和功能

STE 主要由通用综合环境 (the common synthetic environment, CSE) 和训练管理工具 2 部分组成, 如图 1 所示<sup>[6]</sup>。为实现现场、虚拟和建设性环境的无缝融合, STE 必须与实时训练辅助、设备、模拟器和仿真 (training aids, device, simulators, and simulations, TADSS) 训练系统进行交互, 实现互操作。任务指挥是集体训练的基本步骤, STE 必须与任务指挥系统 (the mission command information system, MCIS) 双向通信; 同时, STE 采用统一的技术标准对现有训练内容格式化, 并提供旧系统临时接口, 实现系统的过渡与融合。

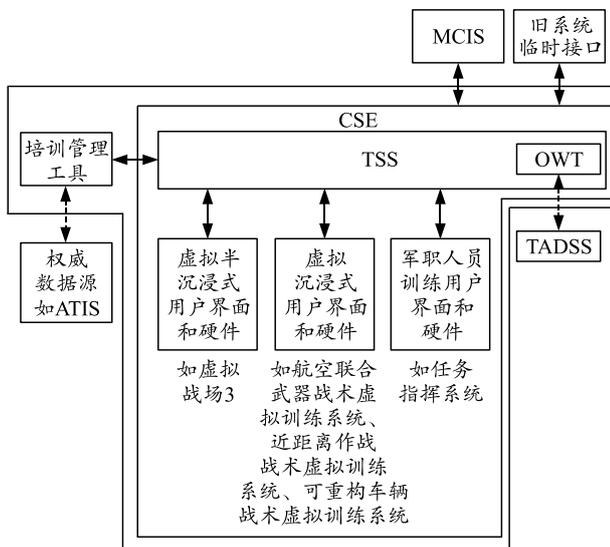


图 1 STE 架构

### 2.1 CSE

CSE 是现场、虚拟、建设和综合训练环境融合体, 可利用云、陆军企业网络和国防部信息网为士兵提供标准的训练环境, 数字化呈现真实动态的作战环境和军事能力, 支持虚拟半沉浸式、虚拟沉浸式及军职人员训练用户界面和硬件。其中, CSE 是由训练模拟软件 (training simulation software, TSS) 和“同一世界地形” (one world terrain, OWT) 组成。

#### 2.1.1 TSS

TSS 是 STE 的核心引擎, 可模拟各种军事行动、作战系统、部队行为、环境条件、控制过程, 支持现场、虚拟、建设性训练之间的无缝、实时交互。它拥有人员、车辆、弹药和通信设备等支持作战训练所需的虚拟实体, 具备任务指挥、运动战与机动战、情报、火力等作战功能, 能够呈现环境气象、武器等对作战行动的影响, 模拟政治、军事、经济、

社会、信息、基础设施、物理环境和时间等作战变量 (political, military, economic, social, information, infrastructure, physical environment, and time, PMESII-PT), 允许作战部队、战斗支援部队、战斗勤务支援部队开展各种行动。其中, 虚拟人员是系统的关键组成部分, 可有效减少演习训练所需的人力需求, 支持系统进行真实推演。

#### 2.1.2 OWT

OWT 是利用云服务提供陆地 (包括地下)、海洋 (包括海底)、太空、网络等全球地形的数据库, 集成多种陆军模拟地形数据源、开源地形数据以及无人机测量数据等, 支持将 3D 网格地形转化为 2D 矢量栅格地图。OWT 允许在运行时配置 PMESII-PT, 提供亚厘米级的特定作战环境, 支持全球范围的现场、建设性集体训练所需虚拟实体的交互, 满足各种演习的环境需求。

#### 2.1.3 用户界面和硬件

士兵利用虚拟半沉浸式、虚拟沉浸式和军职人员训练用户界面以及硬件与 CSE 进行交互。士兵通过显示器可以第一视角或第 3 视角观测 2 维或 3 维视图, 实时听取、传输语音, 利用键盘、鼠标、操纵杆、控制器等与系统进行交互, 获得虚拟半沉浸式体验, 如虚拟战场 3。

CSE 利用混合现实和自然用户界面技术为士兵提供虚拟沉浸式体验。这种训练方式可提供高保真的多感官刺激, 允许士兵以自然的方式最大限度地感知; 通过软件更新保持训练内容的并发性, 其开发和维护成本较低、可扩展性强。目前, 陆军正在利用该功能实现航空联合武器战术虚拟训练系统、近距离作战战术虚拟训练系统、可重构车辆战术虚拟训练系统的现代化, 为士兵提供可重构、可运输的沉浸式综合集训系统。

军职人员可通过任务指挥系统利用 CSE 创建真实的作战环境, 开展建设性演习训练。负责人可根据演习需要调动虚拟军队, 模拟敌军、盟军、平民, 开展可信的军事行动推演。军职人员训练用户界面操作简单, 1 名操作员能够在无技术支持的情况控制所有的军事实体; 能够有效模拟人类行为、武器装备实战表现, 开展真实可信的自动化战场行动, 无缝与现场演习和虚拟演习训练对接。

## 2.2 训练管理工具

管理训练工具可帮助作战部队快速计划、准备、

执行、评估集训，并基于训练结果开展下次演习。陆军训练信息系统(the army training information system, ATIS)可为训练管理工具提供权威的训练数据，STE 必须实现与 ATIS 的无缝对接。

### 2.2.1 计划

军队需要在计划阶段确定训练目标，设计演习情境。训练管理工具可为各部队提供计划向导，支持各部队自主开展异地协同训练活动和场景设计。军职人员可利用训练管理工具识别并展示训练任务、条件、标准及建议，调整作战变量，创建、修改、存储训练计划、训练活动与场景，访问、管理部队训练记录与集体训练内容，从权威数据源(如 ATIS)检索数据，利用部队训练记录数据初始化训练场景。

### 2.2.2 准备

训练管理工具可有效辅助军职人员部署训练活动和场景所需的元素。军职人员可有效组织和管理集训准备活动，协调 STE 外部资源，管理 TSS、TADSS、未来仿真训练设备的可用性和可持续性，创建、管理演习评价表以确保完成所有准备活动。

### 2.2.3 执行

训练管理工具可协助军职人员执行演习任务，监控 STE 状态、训练活动进展，记录存储训练过程和结果。军职人员通过训练管理工具能够实时访问、管理、修改演习参数、场景、任务与强度，发起、监督、控制、促进作训士兵的沟通，能够设置检查点，快速恢复训练场景和活动。

### 2.2.4 评估

评估贯穿整个训练过程，训练管理工具可以自动化追踪、记录的数据，具备自动化行动后回顾功能(after action review, AAR)，提供计划和准备情况、演习执行实施情况的反馈，评估训练的有效性并提出改进建议，更新训练管理系统的训练表现记录。其中，AAR 可以重放训练过程、进行数据分析和可视化，军职人员可以在 30 min 内获取标准的 AAR 材料。

## 3 信息技术应用分析

依据技术的成熟度及可负担性，STE 将利用扩展现实、AI、云计算、大数据等技术开展多级演习训练，将单一、成本高昂的现场训练转变为可复制、可扩展的虚拟场景，允许陆军在实战前进行安全的

模拟，有效降低演习成本，实现陆军训练的现代化。

### 3.1 扩展现实技术

STE 利用扩展现实技术将虚拟内容和物理情境融合，为士兵提供多种动态复杂的实战任务，帮助各级指挥官和士兵开展有效训练，降低训练成本。虚拟现实能够创建针对性的低风险真实作战环境，提供视听触等多感官刺激，允许用户与系统进行交互，帮助士兵在驻地开展游戏化训练，模拟测试新型武器和装备，掌握多域作战技能。增强现实技术能够加强传统军事演习和战场行动训练，帮助士兵在高度有限的建筑内开展超大城市作战训练，识别潜在目标、搜寻范围等，进行车辆操作和维护、武器射击和控制等。

STE 可模拟作战车的仪表盘、武器操作系统、传感系统、装载机潜望镜、无线电等，为车辆指挥官、驾驶员、炮手、装弹手等提供自然的视野和高逼真度的交互环境，提高指挥、车辆驾驶、武器操作等技能；模拟双重飞行控制、武器系统、瞄准系统、内部通信系统等，帮助机组人员包括飞行员、副驾驶和非额定机组人员提高作战机操控精确度；模拟无人机，包括动力学和非动力学战场效果以及用户控制功能。

### 3.2 AI

为帮助士兵在未来作战环境中执行任务做好准备，STE 利用 AI 精确呈现地形、建筑、网络等环境，模拟参战国家、军种、战况等要素，呈现武器的精确度、杀伤力和杀伤范围等，构建类人的虚拟人体以模拟军队、盟军、敌军和非战斗人员的行动和反应，增加作战环境的真实感，使士兵在实时、动态的真实环境中战斗。

STE 利用 AI 提供智能导师和适应性训练。STE 利用历史模拟数据和士兵的行为表现，自动提高或降低作战难度，以语音或虚拟形象的形式提供个性化的反馈，自动提供 AAR，测量情感/认知和训练有效性，提高个人和集体技能习得率，培养陆军的思维敏捷性、判断力和创新思维。同时，AI 可以简化应用程序，提高 STE 的易用性；STE 通过机器学习进行自我升级。

### 3.3 云计算

陆军利用云计算快速为士兵供应可配置资源，支持指挥官开展实战训练，满足未来作战部队扩张需求。基于国防部信息网络和作战网络，STE 利用

云计算为陆军提供成本效益较高的训练环境,士兵、预备役等可以在行政大楼、战斗训练中心、军械库等全球范围内随时随地访问训练内容。为实现良好的训练效果,STE 需要为每个士兵提供 50 M/s 的带宽,控制网络延迟不超过 15 s,传统的网络技术无法满足这一需求。利用云存储技术,STE 可以有效降低陆军网络的负担;边缘计算允许士兵在驻地利用设备处理数据,有效减少网络延迟和带宽需求。

### 3.4 大数据

由于 STE 支持士兵开展同时异地的个人或集体训练,因此 STE 将产生大量的演习训练案例数据。为快速收集、处理、利用、审查演习训练数据和现实世界作战数据,STE 采用大数据技术支持数据的存储、访问、分析及可视化。

STE 利用大数据分析复杂地形和超大城市环境,并利用 AI 实现环境的可视化;从训练数据库、个人或集体训练记录中提取并分析数据,快速制定演习训练环境;预测结果以及潜在的影响和效益;分析任务训练对象的行为表现和技能熟练度,提出提高训练有效建议。

## 4 建设现状与趋势

2017 年 7 月 STE 通过美国陆军需求监督委员会的批准后,美国陆军能力委员会成立了由美国联合兵种中心训练部领导的跨职能团队,遵循开发操作理念(作战人员和开发人员共同开发)快速开发 STE 原型,进行试验,搜集用户反馈。2018 年美国陆军协会年度会议和博览会展示了 STE 初步成果<sup>[7]</sup>,基于展示成果计划将虚拟训练器由排级扩展到旅级别,并实现随时随地开展训练的功能,开展军事训练活动设计,利用人工智能、大数据等技术开发训练管理工具。2020 年项目融合会议首次展示了 STE 多域作战效用。美国陆军期望 2021 年 STE 具备初步作战能力,2023 年具备全面作战能力,2028 年具备多领域作战能力,2035 年可以为多领域作战的陆军提供关键培训<sup>[2]</sup>。

### 4.1 STE 原型设计与改进

美国 2018 至 2020 财年主要聚焦于 STE 的原型设计与改进工作,如表 1 所示<sup>[8]</sup>。2018 财年资金主要用于 STE 项目管理,包括系统概念确定、需求分析(关键性能参数和系统属性)、产品收购策略规划;2020 财年追加预算用于 STE 系统模型设计与演示。2019 和 2020 财年资金除了用于项目管理外,还将

用于 STE 系统模型设计与演示,以降低技术风险,验证设计和成本估算,评估流程,完善需求。STE 项目采用增量收购策略,新功能的发展和交付以多次增量的方式进行。最终,基于系统模型演示结果和需求,陆军启动终端系统的集成设计。

表 1 STE 原型设计与改进资金投入 万美元

项目	FY2018	FY2019	FY2020
项目管理	153.6	579.1	352.8
系统模型设计与演示	10 762.9	3 290.6	3 752.3
其他支持费用		119.3	62.5
总资金	10 916.5	3 989.0	4 167.6

### 4.2 STE 先进技术研究

2020 至 2022 财年,陆军继续投入大量资金研究 TSS、OWT、培训管理工具、士兵/小队沉浸式虚拟教练机相关的先进技术,如表 2 所示<sup>[9]</sup>。

表 2 STE 先进技术研究资金投入 万美元

项目	FY2020	FY2021	FY2022
TSS	887.4	575.2	719.7
OWT	570.2	281.6	290.4
培训管理工具	111.8	337.1	330.0
士兵/小队沉浸式虚拟教练机	9 508.5	588.7	529.2
武器效果		85.1	

TSS 方面,2021 财年利用计算技术和网络技术实现士兵随时随地访问系统的能力,验证 TSS 集成组件(包括模型、行为、数据等)的体系架构策略以及作战环境关键模型和数据,构建包括生活方式和网络效应的多域作战环境,使用 AI 提高军事行动的真实感;2021 财年计划利用仿真架构技术支持动态集成组件,研发从权威来源生成系统就绪行为模型的技术,改进作战环境模型,利用 AI 呈现作战行为。

OWT 方面,2021 财年集中开发地形数据自动处理转换呈现工具和支持在密集城市环境中进行地下、地表和基础设施训练的工具,使 OWT 能够自动生成地下几何地形和特征,呈现关键民用基础设施、复杂道路网络和管制系统以及水文特征与水系特征;2022 财年演示地貌特征等分类和提取的过程,开发相关的工具与软件,改进 OWT 归因缺陷,实现运行时修改和优化的功能,改进 3 维地形数据验证和修正方法,优化 OWT 数据模型规范。

培训管理工具方面,2021 财年主要任务包括验证自动化评估原型和算法,实现利用 AI 自动优化系统功能,演示信息可视化、多模式交互和绩效评价;2022 财年聚焦于建立个人和团队绩效评价联系,优化基于数据的行为表现和准备情况评估,构

建智能辅导框架，利用国防部标准的学习体系追踪团队能力，验证支持任务指挥决策的战场空间可视化工具。

士兵/小队沉浸式虚拟教练机方面，2021 财年主要任务包括提高士兵位置和方向追踪性能，降低日夜照明对增强现实设备的影响，创建虚拟环境中多模态接口(如触觉设备、3D 音效等)；2022 财年旨在研制运动目标相互遮挡所需的摄像机和追踪技术，验证在混合现实环境中增强士兵沉浸感的技术，利用深度学习提高武器追踪算法性能。

武器效果主要关注武器杀伤力与杀伤范围以及射弹穿透模型和算法，辅助 OWT 准确表征武器效应。美国陆军在 2021 财年投入 85.1 万美元改进了预测武器爆炸效果的增强算法，包括预测复杂地形中的结构损坏程度；研究并改进了预测大型射弹爆裂和穿透效应算法。

#### 4.3 STE 现场训练技术

美国陆军未来司令部正在研究增强实弹训练系统保真度的技术，开发系统的未来作战现场能力，满足实兵对抗、联合军事演习需求。2021 财年投入 430.7 万美元用于开发测量和校准电子子弹遥测数据的软件、创建电子子弹地理配对模型、优化武器定位精度(包括方位、角度等)；2022 财年投入 299.3 万元用于改进武器定位模块的尺寸、重量和功耗，实现间接火力武器位置跟踪能力<sup>[9]</sup>。

## 5 结束语

为打赢未来战争，美国陆军正在利用信息技术开展多级演习训练。STE 旨在实现美国陆军训练模式的现代化，利用扩展现实、AI、云计算、大数据等技术，模拟复杂的作战地形、真实的作战环境、动态的人群、火力系统等，构建网络战场、电子战场等新型作战空间，允许士兵在现场、虚拟、建设性和综合训练环境重复进行多级、多领域集训任务，开展真实动态的多域作战，提高杀伤力和生存能力。作战指挥人员可利用 STE 快速构建演习训练环境，开展战略战术演习，提高作战指挥能力。

相较于物理逼真度，STE 更关注士兵在虚拟培训环境中的认知、情感和行为反应等心理逼真度，提高指挥官和士兵的作战思维和能力，促进虚拟训练技能转化为战场技能，增加军队的杀伤力。虽然 STE 建设面对虚拟仿真互操作性弱、容纳量低以及网络带宽、延迟与安全等问题，但美国陆军正在

投入大量的资金与工业界、学术界、国际战略伙伴协作，攻克技术难题，为多域作战能力发展提供支持。

面对各种挑战，我军必须利用新信息技术创建实战所需的压力和情境，传递演习训练内容，支持士兵在任何地方利用可移动、可重新配置的虚拟训练机、电脑、平板、手机等开展重复进行个人或集体训练，促进战斗技能的迁移；将虚拟训练作为现场训练的先导，缩短士兵的学习曲线，利用培训数据评估士兵的作战表现，确定最佳的演习训练方案；将虚拟训练与现场训练结合，提高指挥官的作战能力，最终确保军队能够恰当的利用战略和战术击败敌手。

#### 参考文献：

- [1] USAASC. Synthetic training environment (STE)[EB/OL]. (n.d.) [2021-10-08]. <https://asc.army.mil/web/portfolio-item/synthetic-training-environment-ste/>.
- [2] The Association of The United States Army. The synthetic training environment[EB/OL]. (2020-12-10) [2021-11-02]. <https://www.ausa.org/publications/synthetic-training-environment>.
- [3] United States Army. 2019 Army modernization strategy: investing in the future[EB/OL]. (2019-10-17) [2021-10-13]. <https://www.army.mil/standto/archive/2019/10/17>.
- [4] United States Army. The synthetic training environment will provide a high-tech training solution for the army[EB/OL]. (2021-5-26) [2021-10-13]. <https://asc.army.mil/web/news-game-on>.
- [5] United States Army. Weapon systems handbook 2020-2021[EB/OL]. (n.d.) [2021-10-28]. <https://asc.army.mil/web/news-u-s-army-weapons-system-handbook-available-digitally>.
- [6] USAASC. Synthetic training environment (STE) statement of need [EB/OL].(n.d.)[2021-10-29]. [https://usacac.army.mil/sites/default/files/documents/cact/STE\\_Industry\\_Day\\_Statement\\_of\\_Need.pdf](https://usacac.army.mil/sites/default/files/documents/cact/STE_Industry_Day_Statement_of_Need.pdf).
- [7] Combined Arms Center-Training (CAC-T). Synthetic training environment (STE) white paper[EB/OL]. [n.d.] (2021-11-5). [https://usacac.army.mil/sites/default/files/documents/cact/STE\\_White\\_Paper.pdf](https://usacac.army.mil/sites/default/files/documents/cact/STE_White_Paper.pdf).
- [8] Globalsecurity. Synthetic training environment refinement prototyping[EB/OL]. [n.d.](2021-11-6). [https://www.globalsecurity.org/military/library/budget/fy2020/army-peds/U\\_0604121A\\_4\\_PB\\_2020.pdf](https://www.globalsecurity.org/military/library/budget/fy2020/army-peds/U_0604121A_4_PB_2020.pdf).
- [9] UNITED STATES ARMY. Department of defense fiscal year (FY) 2022 budget estimates-research, development, test & evaluation, army RDT&E-volume I, budget activity 3[EB/OL]. [n.d.](2021-12-1). [https://www.asafm.army.mil/Base\\_Budget/rdte/RDTE-Vol1-Budget\\_Activity\\_3-justification\\_Book-U.S.Army.pdf](https://www.asafm.army.mil/Base_Budget/rdte/RDTE-Vol1-Budget_Activity_3-justification_Book-U.S.Army.pdf).

