

doi: 10.7690/bgzd.2026.01.017

基于实战化的轻武器射击虚拟训练系统的设计

王斌斌, 许建中, 刘官树

(中国人民解放军陆军步兵学院, 南昌 330103)

摘要: 针对射击训练存在地形受限、训练模式陈旧、训练条件简陋等问题, 提出一种实战化模拟训练系统。在系统分析军事需求的基础上, 采用虚拟仿真技术对轻武器模拟训练平台系统框架、体系结构、物理结构及应用模式进行详细分析设计, 构建一个地形多变、气候繁多、敌情复杂、体验真实的虚拟射击训练平台, 为射击训练科目提供一个实战化的模拟训练环境。结果表明: 该平台满足射击技能训练对多样化战场环境、实战化目标设置的特殊需求, 不仅使受训学员能够在未来可能的战场环境中训练, 而且训练过程更加贴近实战, 创新了射击教学训练模式。

关键词: 射击模拟训练; 虚拟仿真; 系统构建

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Design of Virtual Training System for Small Arms Shooting Based on Actual Combat

Wang Binbin, Xu Jianzhong, Liu Guanshu

(Army Infantry of PLA, Nanchang 330103, China)

Abstract: Aiming at the problems of limited terrain, old training mode and poor training conditions in shooting training, an actual combat simulation training system is proposed. Based on the systematic analysis of military requirements, the virtual simulation technology is used to analyze and design the system framework, architecture, physical structure and application mode of the small arms simulation training platform in detail, and to build a virtual shooting training platform with changeable terrain, diverse climate, complex enemy situation and real experience, which provides a real combat simulation training environment for shooting training subjects. The results show that the platform meets the special requirements of shooting skill training for diversified battlefield environment and actual combat target setting. It not only enables the trainees to train in the possible battlefield environment in the future, but also makes the training process closer to actual combat, and innovates the shooting teaching and training mode.

Keywords: shooting simulation training; virtual simulation; system construction

0 引言

随着信息化战争的不断发展, 传统射击训练难以适应信息化战场的需求。目前, 部队院校中传统的轻武器射击训练因设备保障、地形问题、气候变化、敌情变化等因素导致训练效果不佳, 制约了学员作战能力的形成与提高。笔者通过构建地形多变、气候繁多、敌情复杂、体验真实的虚拟射击训练平台, 为射击训练科目提供一个实战化的模拟训练环境。该系统不仅能够弥补传统射击训练的不足, 而且能丰富教学科目, 将射击训练与考核评估融为一体, 从而缓解在教学保障方面的压力。

1 需求分析

在传统射击训练课目体系中, 存在训练保障复杂、危险因素多、实战化环境构建不全等问题, 极大地影响了训练成效。急需引入技术先进、可靠实用的新型轻武器仿真训练模拟系统, 满足训练过程

中的战场环境、目标显隐、战位环境、机动感受、武器操作、弹道仿真、毁伤仿真等仿真需求, 以及数据采集、回放复盘、成绩管理、分析评估等训练管控需求, 为相应的教学训练和考核评估提供开放式、启发式自主学习和训练环境。

2 系统功能体系设计

2.1 训练综合控制功能

- 1) 条件设置功能: 对时段、天候、地形、目标类型、载具状态等训练条件进行设置;
- 2) 训练过程控制功能: 具备训练中断、恢复、回放的功能;
- 3) 成绩评定功能: 具备射击结果自动检测和训练成绩自动评定的功能;
- 4) 仿真场景模拟: 包括训练环境模拟、载具机动模拟、目标显隐模拟、弹丸飞行与命中毁伤模拟等;
- 5) 模式控制: 能够在自主练习模式和统一考核

收稿日期: 2024-11-01; 修回日期: 2024-12-20

第一作者: 王斌斌(1994—), 男, 安徽人, 硕士。

模式间进行切换。

2.2 武器弹道仿真功能

1) 弹道诸元仿真: 基于通常射击距离上的射表数据, 对弹道高相对瞄准线变化特征进行精确解算, 对射弹散布进行精确仿真;

2) 命中与毁伤仿真: 对命中目标时的毁伤效果进行仿真。

2.3 训练场景呈现功能

1) 3 维场景生成: 在仿真平台的支持下, 输出实时虚拟 3 维场景数据;

2) 实体控制: 具备控制场景中虚拟目标(靶标或实体目标)的观察效果功能, 确保其轮廓、外形、颜色以及在不同虚拟距离上的观察效果与真实目标基本一致;

3) 虚拟环境控制: 具备虚拟场景中的地形、气象、水文变化效果控制功能, 确保与实际效果基本一致。

2.4 载具状态模拟功能

1) 振动平台姿态驱动: 以软件数据实时驱动的方式, 控制振动平台的姿态变化;

2) 射击载具俯仰与倾斜振动控制: 以软件数据实时驱动的方式, 控制振动平台姿态, 使其高低俯仰变化、倾斜变化效果与真实载具机动过程中的变化特征基本一致;

3) 载具转向仿真: 以软件数据实时驱动的方式, 在一定范围内对载具的水平方向变化进行模拟;

4) 载具颠簸仿真: 以软件数据实时驱动的方式, 对载具机动过程中的颠簸效果进行模拟。

2.5 射击技能分析功能

1) 准轨迹分析: 实时绘制射手瞄点在目标上的运动轨迹;

2) 击发稳定性分析: 实时显示射手预压、击发、发射的全过程数据;

3) 瞄准稳定性分析: 实时分析并显示射手瞄准点在高低向、水平向上与瞄准点之间的偏离程度。

2.6 训练数据管理功能

1) 人员及成绩管理: 具备管理训练人员信息、管理训练成绩(查询、统计、输出)功能;

2) 射击结果分析: 每名受训对象射击完毕后, 具备对弹着点散布情况、平均弹着点偏离情况进行分析与结果显示功能;

3) 个人技能变化规律分析: 能够对特定的受训对象某个课目训练过程中成绩变化规律进行分析, 并以可视化图表的方式显示;

4) 训练单位训练效果变化规律分析: 能够对特定训练单位某个课目训练过程中成绩分布变化情况进行分析, 并以可视化图表的方式显示。

2.7 系统检测调试功能

1) 武器状态显示功能: 实时显示保险、枪机、扳机、弹匣/鼓的实时状态;

2) 激光状态检测功能: 具备检测激光点在屏幕上的大小和激光亮度功能;

3) 像机参数调整功能: 能够对像机的光圈、阈值等进行调整;

4) 系统标定校准功能: 具备快速标准及武器校正功能。

3 系统结构设计

3.1 系统技术体系结构

根据军事技能分析应用场景, 射击模拟训练系统要支持各分步训练、连贯训练和能力分析, 必须具备武器构造与工作仿真、战斗环境仿真、仿真武器控制、仿真训练综合管控、影像呈现、图像识别、武器弹道仿真、载具状态模拟、射击技能分析、训练数据管理、系统检测调试等功能, 功能关系如图 1—2 所示。

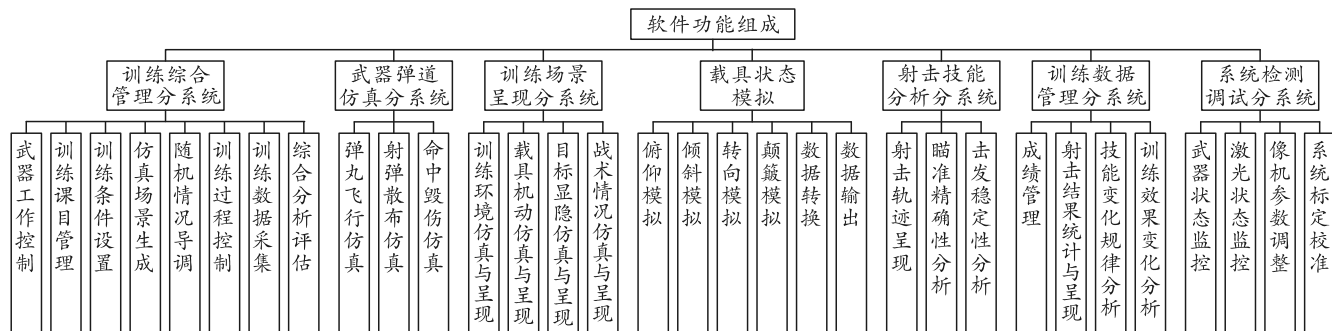


图 1 系统体系组成

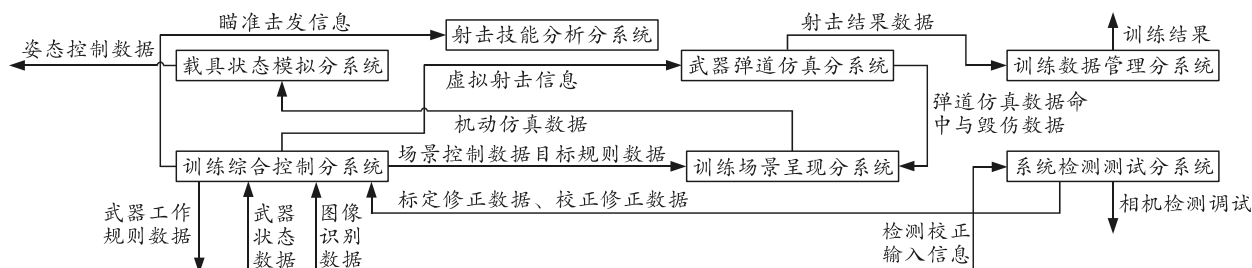


图 2 系统体系交互关系

系统建设采用模块化、组件化、层次化的系统构建思想，以步兵轻武器射击模拟训练需求为基本依据，采取半实物仿真模拟方式，基于计算机 3 维实时成像、数据采集管理、人工智能等先进技术，构建 3 维仿真环境，实现多环境、多地域、多模式下的模拟训练，为实装训练奠定坚实基础。

1) 武器工作仿真要安全可靠逼真。

为了满足实战化训练要求，模拟器材的武器工作仿真要逼真，特别是射击操作逻辑、发射时的枪机后坐与复进等要与实枪高度一致。同时，为确保仿真武器工作安全，仿真武器工作时不应产生任何火焰、飞溅等意外伤害，并可长时间连续工作，确保较高的安全性和可靠性。

2) 虚拟训练场景要逼真准确多样。

模拟训练的最大特点是能够在同一场所模拟出不同的战场环境，实现以最小的训练保障达成最大的训练效益。为了实现这目标，必须对虚拟训练场景提出较高的要求：① 虚拟训练场景中的地理、气象环境要与真实环境基本一致，以便为受训对象营造逼真的战场环境^[1-2]。② 虚拟训练场景中的靶标及各类实体目标的形状、大小、色彩等要渲染准确；具备 CGF 功能的仿真实体行动还要与真实作战相一致，以便为受训对象营造准确客观的战术环境。③ 仿真训练条件要多样，并可动态设置，为受训对象创造最佳的多战术条件训练环境，全面提高其射击技能；④ 仿真软件要能够驱动相应的振动平台，为受训对象营造逼真的乘载具射击颠簸环境。

3) 射击训练数据要支撑分析评估。

射击训练科学化、信息化是当前我军各级军事训练筹划者、组织者一贯追求的目标，涉及到射击训练数据采集、射击训练效果评估等多个方面。靠过去单凭教练员目视观察操作过程与对比命中结果相结合来进行分析评估存在着原因与结果分析客观度、关联度差、指导方案与改进方案针对性差等问题；因此，射击模拟训练系统必须具备基于训练全过程数据采集的分析评估功能。

3.2 系统平台体系架构

平台的架构遵循“平台设计一体化、功能构建模块化、建模信息资源化”的设计理念^[3]。平台设计一体化，即仿真平台可以迅速对资源和仿真功能组件进行动态重组，快速构建所需的平台或仿真应用系统，便于和异构系统互联、互通、互操作^[4]。射击模拟训练系统采用基于分层软件架构设计思想，由下至上分别为基础层、操作系统、业务层和应用层，采用 4 层技术架构，平台结构及系统信息流程如图 3—4 所示。

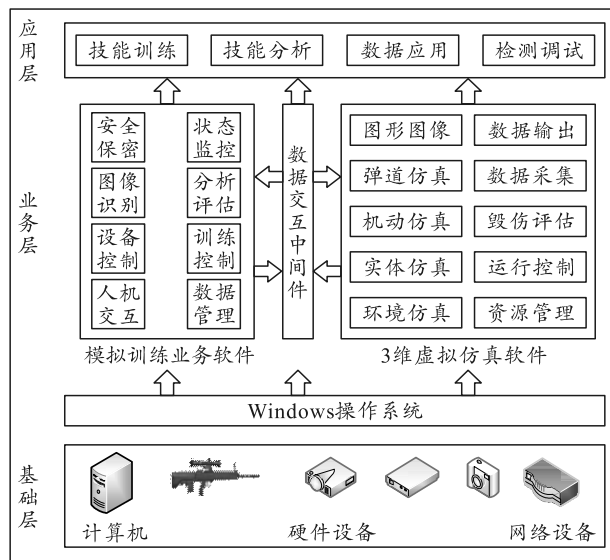


图 3 仿真平台结构

平台具有对军事仿真全过程支撑的功能体系，是构建射击训练环境仿真系统的关键支撑。具有以下功能：

1) 模型管理功能。仿真模型体系中的模型分为实体类模型、任务类模型、服务类模型，需由模型管理器进行装配后使用。模型管理器对仿真模型体系中的实体类、组件类进行识别和组装、注册、存储和管理，即形成仿真模型体系装配关系库。同时，实体类可以装配至实体类；任务行动类可以装配至实体类；毁伤计算服务装配至实体类使其具备交战后的毁伤计算能力^[5-6]。

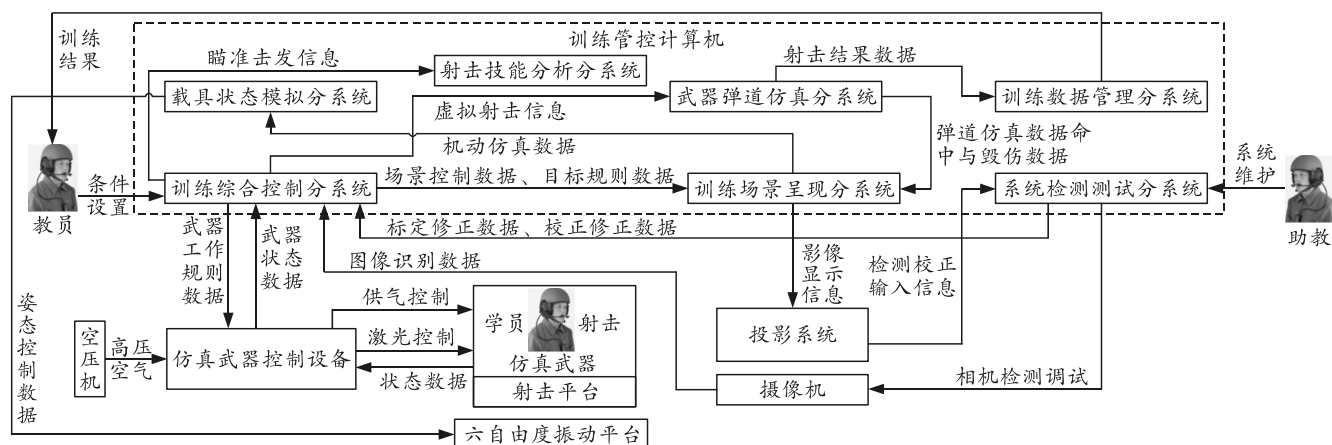


图 4 系统信息流程

2) 想定解析功能。想定用于描述作战计划或方案, 想定包含了参与仿真的所有实体和资源。仿真引擎的运行离不开想定的加载和初始化处理。在想定的初始化处理中, 部署的实体被创建并初始化, 并根据运行簇配置信息, 动态为实体创建事件管理器, 为模型的运行提供必要的准备。

3) 时间管理功能。通过时间管理服务提供全局的时间管理, 提供设置开始时间、设置仿真周期、设置时间管理器推进时间比例、开始运行、暂停、继续、中止、获取当前仿真时间等功能接口。

4) 仿真推进功能。根据固定步长时间推进机制, 在时间管理器的同步下, 按照仿真模型接口调度仿真对象运行, 提供启动、暂停、继续、中止的操作功能。

5) 数据管理功能。实现仿真过程数据管理, 提供态势回放等应用工具所需要的想定数据访问接口, 如态势数据、探测数据和差异数据等。

4 系统关键技术研究

4.1 武器工作效果无差异仿真

对于轻武器而言, 在武器工作效果方面要想实现无差异化仿真, 主要需解决: 1) 武器发射后坐力无差异化仿真; 2) 在确保与实枪一致的后坐行程前提下的模拟射速无差异化仿真。对于后坐力无差异化仿真, 通过合理设计活塞结构、供气压力及供气时间即可有效解决。而模拟射速无差异化仿真技术则是该系统的技术重难点问题, 是制约仿真武器工作效果与真实枪械工作效果是否一致的关键技术。

4.2 仿真武器击发图像精确识别技术

能否实现对仿真武器模拟击发瞬间在屏幕上形成激光点(斑)属性、坐标等信息的精确识别, 是解

决该系统实现仿真射击结果与实枪射击结果保持一致的前提。在仿真武器击发图像精确识别技术方面, 该系统主要通过对单屏多激光点快速识别及坐标系转换等技术的研究与攻关实现。

4.3 武器装备高逼真度 3D 模型构建

为了能够在计算机环境下更逼真地模拟现实世界的武器装备、战场环境及其运动形态, 必须在 3 维空间系统中利用已有的 3 维建模技术, 精确地描绘这些事物以实现 3 维物体的真实再现, 进而为用户创造一个身临其境、形象逼真的环境^[7]。

4.4 高逼真仿真战场环境生成

高逼真度战场环境仿真利用虚拟现实、计算机建模与仿真、分布式仿真等技术^[8], 从视觉、听觉、触觉等多种感知行为构建逼近真实的立体战场环境, 突破高沉浸感实时战场环境生成技术, 使受训者“真正”进入形象逼真的战场, 从而增强受训者的临场反应, 提高训练质量, 为武器装备的试训评提供保障。

4.5 高逼真载具机动仿真

载具机动(陆上、水(海)上、空中)仿真逼真度, 直接影响仿真训练体验度^[9]。

为了实现高逼真度载具机动仿真: 1) 采取多参数、多方案设计、试验、对比的方式, 开展大样本量的模型机动相关参数配置与试验, 最终找到支持动力学仿真度最大限度向实装贴近的仿真模型、参数、数据配置方案^[10-12]; 2) 通过对振动平台控制仿真逻辑模型的科学设计, 实现对载具机动仿真控制全方位、全状态、全流程准确描述, 并用于指导仿真工程的开发, 实现对载具机动仿真最大限度向实装贴近。