

# 警院指挥教学数字训练系统设计

## ——公安院校电子沙盘教学系统设计

魏芸芸<sup>1</sup>, 李雪巍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宁夏交投科技发展有限公司, 宁夏 银川

<sup>2</sup>中国航天系统科学与工程研究院, 北京

收稿日期: 2023年11月20日; 录用日期: 2023年12月18日; 发布日期: 2023年12月25日

### 摘要

系统设计围绕公安实战工作需求, 结合公安院校教学训练体系建设, 以数字化手段为查缉指挥训练手段的加强扩展和补充, 设计了虚实结合的指挥训练电子沙盘的实现方式, 兼备了实体沙盘展现直观和电子沙盘展现信息丰富和细节多变的特点。通过虚实结合电子沙盘的方式为公安院校指挥实训教学进行数字化升级, 突出解决公安查缉指挥仅靠“纸上谈兵”, 实景训练调用人力众多、费用高昂及部分科目无法训练的问题。

### 关键词

实训教学, 公安查缉指挥, 电子沙盘

# Design of Digital Training System for Police Academy Command Teaching

## —Design of Electronic Sand Table Teaching System in Police Academy

Yunyun Wei<sup>1</sup>, Xuewei Li<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ningxia Jiaotou Technology Development Co., Ltd., Yinchuan Ningxia

<sup>2</sup>China Aerospace Academy of Systems Science and Engineering, Beijing

Received: Nov. 20<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 18<sup>th</sup>, 2023; published: Dec. 25<sup>th</sup>, 2023

### Abstract

The system design revolves around the needs of public security practical work, combined with the construction of the teaching and training system in police academy, and uses digital means to

strengthen, expand, and supplement the training of arrest command. We have designed an implementation method for a command training electronic sandbox that combines virtual and real elements, combining the intuitive display of physical sandboxes with the rich information and ever-changing details of electronic sandboxes. By combining virtual and physical elements with an electronic sandbox, the digital upgrade of public security command practical training is carried out, and the information management gap is filled in for practical teaching. Highlighting the solution to the problem of relying solely on “paper talk” for police investigation and arrest commands, requiring a large number of manpower and high costs for real-life training, and some subjects being unable to train.

## Keywords

Command Training, Public Security Investigation Command, Electronic Sand Table

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着公安指挥学院的不断发展壮大, 如何更好地提高指挥专业人才培养质量, 成为实战部门和学院共同关注的核心问题。当前公安院校战术指挥教学采用讲解的办法, 即教师用语言说明战术的名称、作用、特点、适用范围, 然后结合图片、示范、录像等直观教具, 把战术指挥的形式、路线、基本特点全部显示出来, 有助于学员形成完整的概念。这种传统的指挥教学的方式, 存在教学演示过程死板, 展示内容不生动, 不能按教学过程实时更新指挥与执行效果的联动, 对战技战法战术的演示, 效果的反馈不生动形象, 指挥的阶段性反馈靠教师口述或相关图像显示, 教学记忆点不清晰, 较难达到指挥训练的教学效果。当前犯罪发展出与这个时代相适应的方法手段, 亟需我们升级侦查手段[1]。

为改变指挥教学这一现状, 某公安学院论证通过先进的三维可视化计算机图形图像手段实现指挥教学的手段提升, 在指挥教学中最基础的区域显示要求中以三维可视化技术实现地域、地形地貌、指挥设计各项要素、指挥推演过程效果等。学院以建设“区位优势明显、办学特色鲜明、符合实战需要的重点公安院校”为目标, 在指挥教学科研、学科建设、外警培训与社会服务等方面打出了一套提升实战化教学水平的组合拳。

本文设计内容为中国航天系统科学与工程研究院承办的公安院校公安部重点实验室及省高校重点实验室指挥实训教学系统设计方案。

## 2. 国内外技术发展现状

### 2.1. 指挥教学数字训练技术发展现状

指挥教学数字训练系统设计的核心是人与作战环境的虚拟交互技术, 主要手段是利用计算设备, 如计算机生成模拟的作战环境, 通过多通道的输入, 使得人进入虚拟作战环境, 利用视觉的直观性极大的提高指挥辅助决策的能力和响应速度。目前国内外普遍采用大屏幕显示器、多点触摸屏和高性能计算机组成的电子沙盘系统代替传统的以图表数据信息为主的大屏显示指挥训练系统。电子沙盘是现代化信息显示手段, 是当前指挥高度自动化、快速反应、展示立体空间态势需求的有效手段。

采用智能交互式电子沙盘系统进行战场指挥方案规划, 能够依据任务要求直观的进行系统的布局, 可同时对进行中的指定参数进行计算, 对指挥效果做出辅助评估, 为现场指挥提供实时的智能化的辅助支持。并在指挥训练过程完成后, 能够对指挥过程进行回放展示, 显示推演过程中的各项参数, 对指挥行为进行约束验证和参数优化提出建议。智能交互式电子沙盘软件基于可视化仿真软件平台构建, 面向作战指挥、沙盘推演、装备试验及教学讲评等应用, 采用多点触摸、虚拟现实、视景增强、三维数字地球等技术, 是当前指挥训练系统中显示内容更丰富、交互更先进的可视化应用平台。

在我国航空航天领域, 以系统工程理论与方法为指导, 基于情报数据资源, 结合航天装备、航天领域作战理论与作战概念等领域的研究基础, 采用先进的仿真平台, 集成航天装备模型与行为模型, 开发出了多套基于电子沙盘的指挥训练、模拟演练系统, 这些系统具备开展新型作战概念演示与设计、装备作战运用、装备体系攻防战法等领域仿真推演及指挥训练的能力, 已为军委机关、航天部队开展新型作战概念研究、攻防战法研究、航天装备发展论证等工作提供专业的应用服务。

## 2.2. 常见沙盘种类及特点

沙盘是指根据地形图、航空像片或实地地形, 按一定的比例关系, 用泥沙、兵棋和其它材料堆制的模型, 当前常见的沙盘主要为实物沙盘及电子沙盘[2]。

### (1) 实物沙盘

实物沙盘常常应用在地形沙盘和建筑沙盘上, 其中地形模型是以微缩实体的方式来表示地形地貌特征, 并在模型中体现山体、水体、道路等物, 主要表现的是地形数据, 使人们能从微观的角度来了解宏观的事物。地形模型的应用范围及其广泛, 主要运用的行业有: 政府、交通、水利、电力、公安指挥、国土资源、旅游、人武、军事等, 如图 1 所示。



Figure 1. Physical terrain sandbox  
图 1. 实物地形沙盘

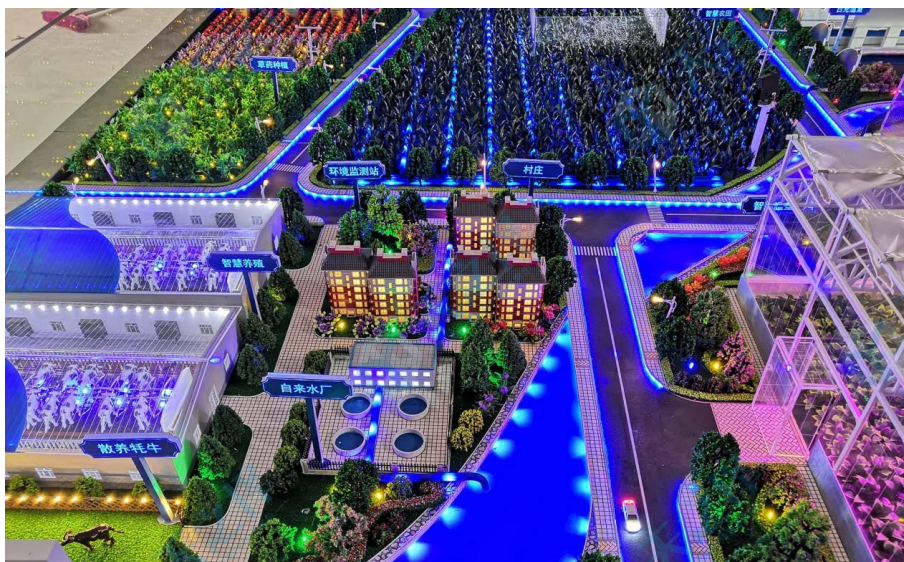
### (2) 电子沙盘

电子沙盘是利用计算机图形学发展的成就, 是结合多媒体软件技术、三维建模技术、大场景模拟仿真技术等发展出来的新型沙盘展现手段。电子沙盘有展示内容广, 设计手法, 展示手段先进, 科技含量最高等特点。电子沙盘立体式、互动性、多元化的展现形式, 让电子沙盘成为展示手段的宠儿, 电子沙盘将区位展示传统的二维展示方式和三维静态模型方式升级为三维动态数字虚拟模式, 无论是从视觉的



观赏性, 还是呈现的立体逼真层面, 都带给人一种全新化的互动式体验感觉。电子沙盘分以下几种类型  
**多媒体电子沙盘**

在传统电子沙盘的基础上, 通过计算机多媒体控制技术, 控制声音、视频等同步显示, 既可通过遥控、手控、感应式控制, 也可以通过多媒体控制; 既可数码显示、单点显示、组合显示、动态显示等。具有操作灵活、简单、便于维护和修改等特点, 如图 2 所示。



**Figure 2.** Multimedia electronic sandbox

**图 2.** 多媒体电子沙盘

### 三维虚拟仿真数字沙盘

三维虚拟仿真是一种基于可计算信息的沉浸式交互环境, 具体的说, 就是采用以计算机技术为核心的现代高科技手段生成逼真的视、听一体化的特定范围的虚拟环境, 用户借助必要的设备(鼠标、方向盘等外部配件)以自然的方式与虚拟环境中的对象进行交互作用、相互影响, 从而产生亲临等同真实环境的感受和体验。主要优势为: 不受场地限制; 表现效果更为优美、逼真, 具有很强的交互性, 走进三维虚拟仿真中的虚拟环境, 有身临其境的感觉, 如图 3 所示。



**Figure 3.** Large screen display electronic sand table

**图 3.** 大屏显示型电子沙盘

三维虚拟仿真沙盘有用大屏展示的方式, 在大屏上以平面三维的视觉效果进行展示。还有结合 VR、MR 眼镜的展现方式, 如图 4 所示, 观看者在带上虚拟现实眼镜后, 会获得较为逼真的三维视觉体验。



**Figure 4.** Hybrid reality electronic sandbox  
**图 4.** 混合现实型电子沙盘

#### 虚实结合型电子沙盘

这是一种将实体沙盘和三维技术结合起来的电子沙盘实现方法。根据地形图或实地地形按一定比例用泥沙等材料制作的实物沙盘具有立体感强、形象直观等特点, 在军事、教学、旅游及房地产开发等许多领域都有广泛应用, 常用来制作经济发展规划和大型工程建设的模型, 颇受计划决策者和工程技术人员的青睐。但实物沙盘由于占地面积大、建设不便、表现方式单调、表现内容有限且难以更新等缺点。对一些地点、场景固定的沙盘应用, 可以采用虚实结合的方式, 即用实体沙盘表现地形、环境, 用数字三维表现手段叠加铁路、公路、境界等线状指挥要素, 并赋予特定的线型及颜色等来实现显示内容的灵动, 如图 5 所示。



**Figure 5.** Virtual and real combined projection sand table  
**图 5.** 虚实结合投影式沙盘

### 3. 需求分析

#### 3.1. 总体需求分析

警院指挥教学数字训练系统设计以《中华人民共和国人民警察法》《中华人民共和国禁毒法》等法律法规为指导,以公安院校指挥学院教材、教学大纲为依据,利用信息化手段推动理论课程的数字化实践,提升参训指挥员、学员对指挥查缉案件的分析处理能力、合成指挥能力、资源调配能力与综合研判决策能力。提升和优化参训人员指挥效能,促进其掌握典型处置战法,优化资源调配。形成查缉现场指挥、联动协同、资源保障、高效稳妥、执法规范的目的[2]。

系统设计通过战场信息摸排、信息研判、现场处置、回溯总结等环节设置,使参训人员熟悉现场指挥信息平台资源,强化实战协同意识,同时针对公安查缉行动强对抗、高风险的特点,提升训练参训人员实战心理素质和现场应对能力,做到指挥科学化、精准化、高效率、低伤亡,促成“由案及练、由练而学、由学而精”,建构集信息收集、情报研判、信息应用、现场指挥、心理素质提升的全链条数字化指挥。

#### 3.2. 建设需求

公安院校已经建设完成的教育基地和各级重点实验室等场地提供了良好的硬件环境,本次建设可在选用已有教室场地的基础上进行更新改造,为本项目提供可用的实施场地。本项目系统设计需根据公安查缉现场指挥体系及案例研究成果,围绕数字化实训需求,开发公安查缉现场指挥数字化实训应用平台,采三维直观的电子沙盘显示方式进行现场指挥数字训练系统的指挥训练。

#### 3.3. 系统用户分析

根据公安院校组织结构与教学机制的分析,本系统信息化系统有三类用户,各个用户具有不同的角色和身份,不同角色用户对系统有不同的需求。系统用户角色概略分析如下:

教员:设定训练任务条件,设定或选择训练预案,进行指挥训练过程管理,对学员操作进行评价及点评。

学员:参加课程培训以及练习、考试的人员,学员只能在特定的时间内进行相应的课程学习以及参与授权的考试。

系统管理员:指挥培训及考试系统的系统管理员,进行教学预案管理、课程管理、考评过程的维护管理、系统权限设置等操作。

### 4. 系统总体设计

#### 4.1. 总体框架

通过用户需求分析,根据系统总体方案设计指导思想,避免传统信息化指挥训练系统建设周期长、系统运行维护投入大等弊端,系统开发建设采用先进的、科学的信息技术,搭建一体化的警院指挥教学数字训练系统,尽可能地避免未来的重复建设,为减少系统开发建设投资和系统运行维护水平打下坚实的基础。

系统按照层次化、模块化、组件化结构设计,便于开发组织和灵活部署。警院指挥教学数字训练系统设计采用6层架构,由下至上分别为实物支撑层,基础设施层、基础软件层、资源层、服务层、应用层。

如图6所示,其中:





Figure 6. Overall system architecture diagram

图 6. 总体体系架构图

(1) 实物支撑层

对选定的场地进行改造, 满足警院指挥教学数字训练系统运行的环境要求, 包括空调、供电、信息点规划、布线等工作。规划设计环境布局, 进行基础装修和软装。本项目选择的虚实结合沙盘的指挥训练实现方法, 实体沙盘设计建设的质量, 是本项目成败的一个关键。

(2) 基础设施层

包括支撑整个警院指挥教学数字训练系统运行所需的计算资源、存储资源、网络资源等运行环境。在系统设备选型时应按照计算负载合理选配 CPU、内存、网络等资源。投影仪是虚实结合电子沙盘的显示手段, 为确保显示效果明亮精细, 同时兼顾经济性, 需进行详细对比选型。

(3) 基础软件层

基础软件层是指支持警院指挥教学数字训练系统运行或应用开发的底层支撑软件系统或平台, 包括 GIS 平台、仿真平台、操作系统、数据库、网络通信平台等系统软件或应用支撑软件平台。

(4) 资源层

即数据资源层, 内容涵盖结构化数据(数据库存储数据)、非结构化数据(文件类数据), 包括数据的集成、管理和服务, 整个建设过程包括: 信息规划、交换策略配置、数据交换等规划及实施。资源层支撑教学系统运行的模型与数据资源, 包括遥感数据、高程数据、矢量数据、模型数据、军标数据、气象数据、地理数据等。

(5) 服务层

服务层主要为警院指挥教学数字训练系统提供软件应用集成或功能性模块服务。包括地图漫游控制服务、二维态势服务、三维态势服务、测量工具、分析工具、仿真引擎和数据管理服务等服务。

### (6) 应用层及综合态势展现

建立综合态势展现统一业务应用平台。体现“统一数据中心、统一应用平台、统一‘一张图’、统一技术标准”的要求。业务应用支撑层是联系各级用户和数据服务的桥梁，主要为用户提供应用交互，包括地图漫游、仿真推演、测量分析、图形绘制、态势显示、态势标绘和工程管理等应用。

### (7) 标准规范体系

为系统的统一访问、系统互通和数据的共享与综合应用，对系统的数据格式、数据编码、接口方式、运行环境等方面进行规范，建立标准规范体系，进行统一管理。

## 4.2. 数据交互设计

警院指挥教学数字训练系统模块间信息交互如图7所示。

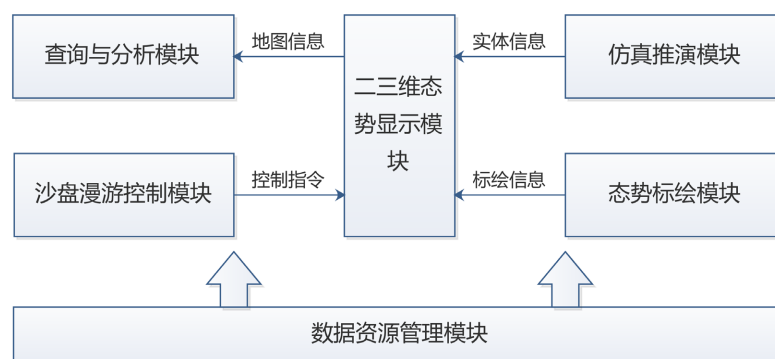


Figure 7. Information exchange diagram

图7. 信息交互图

数据资源管理模块为系统提供基础数据及应用数据等数据的综合管理；二三维态势显示模块为系统提供综合信息显示，通过接收沙盘漫游控制模块，实现电子沙盘显示控制；通过接收态势标绘模块提供的军标库及标绘信息，实现二三维标图作业；接收仿真推演模块下发的实体状态信息及位置信息并实时显示，实现仿真推演功能；同时为查询及分析模块提供地理信息及交互接口，实现地图信息动态获取及查询分析。

## 5. 关键技术及系统实现

### 5.1. 关键技术

警院指挥教学数字训练系统的设计实现，创新性的结合了实体沙盘和虚拟沙盘的各自优点，既利用了实体沙盘显示立体感强，视觉直观的特点，又结合了虚拟沙盘显示内容生动、丰富，可按照需求随时改变视觉效果的能力。通过虚实沙盘的结合，能够生动的显示不同季节、不同时间下区域的视觉效果，并在实体沙盘上利用三维图像标识定位指挥推演各项要素。为达到系统的设计目的，需要进行以下关键技术的研制[3]：

#### (1) 海量地形几何数据组织方式

三维展示模拟技术主要是实现在实测数据环境下，地形、影像、模型数据相嵌套的系统能够平滑、流畅的运行；三维场景不但能在宏观状态下表现大范围的工程布局，又能够在微观的状态表现局部的工程细节信息。在绘制系统中，纹理映射可以不通过增加物体的复杂性，而使得场景细节显得更加丰富，使得场景更真实。但大规模的地形纹理，数据量巨大，如几何数据一样，其纹理数据也超出了内存的容



量。现有的内存及纹理内存均无法满足大规模地形实时绘制的要求, 这就需要不断地从硬盘到内存, 从内存到纹理内存对纹理进行有序的调度。随着图形卡的发展, 纹理在场景绘制中的应用越来越普遍, 纹理内存配置也越来越大。但是为了表现场景的丰富细节, 纹理数据量增长更快, 纹理内存仍不能满足用户的需求。因此需要设计算法, 通过软件来进行有效的纹理调度。本项目开发采用 UE5 Nanite 虚拟几何体算法来实现大地形精细演示和电脑计算资源之间的平衡。Nanite 是一种虚拟微多边形几何体系统, 借助它, 开发者可以创建出含有海量几何体细节的游戏。你可以直接导入由数百万多边形构成的电影级品质的源美术资产——无论是 ZBrush 雕刻模型, 还是摄影测量扫描数据——并在场景中放置百万次, 而且能够保证帧率稳定且无任何明显失真。在开发过程中先行删除最不重要的数据来优化网格体, 使其更类似于有损压缩。



**Figure 8.** Terrain details that Nanite technology can showcase  
**图 8.** Nanite 技术可展示的地形细节

Nanite 是虚拟化几何体系统, 它采用全新的内部网格体格式和渲染技术来渲染像素级别的细节以及海量对象, 如图 8 所示。它可以智能地仅处理你能够感受到的细节。另外, Nanite 采用高度压缩的数据格式, 并且支持具有自动细节级别的细粒度流送[4]。

Nanite 技术具备以下的优势:

- 1) 几何体形状的复杂度提高了数个数量级, 三角形和对象的实时渲染数量达到了前所未有的高度;
- 2) 帧预算不再会因为多边形数量、绘制调用和内存使用情况而受限;
- 3) 现在可以直接导入电影级品质的美术资源, 例如 ZBrush 雕刻模型和摄影测量扫描数据;
- 4) 通过高模实现细节, 而非将细节烘焙到法线贴图纹理;
- 5) 自动处理细节级别(LOD), 不再需要手动设置单个网格体的 LOD;
- 6) 品质损失极少或没有损失, 特别是在 LOD 发生过渡时。

Nanite 网格体本质上仍是三角形网格体, 但对其数据进行了大量细节和压缩处理。可最大限度地与现有的引擎 workflow 无缝集成。本项目在构建地形、地形上标志型建筑物、植物植被、车辆、人员这些推演指挥虚拟系统模型资产时, 将三维设计软件产生的静态网格体都转换为 Nanite 类型已实现整个系统的显示效果及运行效率之间的调优。

## (2) 组件式地理信息系统技术

数字沙盘由表示地形数据信息的虚拟地形模型、表达动态数据信息的虚拟态势模型、实现系统交互

的 3D 用户界面组合而成, 通过在现实场景中叠加数字图像内容, 令物理空间和数字投影空间相交叠, 融合产生新的可视化环境, 为用户提供增强全息实时数字内容。因此指挥推演在地势之上的自然要素、路网信息等, 可由计算机三维图像的方式进行展现, 并投影到实体沙盘上进行展现。以三维投影的方式叠加铁路、公路、环境、边界等面型、线状要素并赋予特定的线型及颜色等进行区分展现, 在需要表现水系、天气等自然因素及人员、车流等社会因素时, 也可通过后台生成大气环境影像, 以投影的方式映射到实体沙盘上进行展现。

在建立电子沙盘教学应用系统过程中, 既需要充分利用现有的商用 GIS 软件已经开发的常用的通用 GIS 功能, 如地图显示、空间分析、专题制图等功能, 又需要根据沙盘制作实际需求定制一些特定的功能。电子沙盘是基于二三维一体化的地理信息支撑, 构建全省及周边地区的电子沙盘, 需将二维地图、三维倾斜摄影数据、高程数据进行坐标转换、地图场景配置, 形成区域虚实结合地理概貌并叠加显示各项推演要素。

## 5.2. 实体沙盘设计制作

实体沙盘模型侧重的是地形地貌、地物特征的表达以及地理特点, 按照一定比例, 用石膏、硬塑料等材料制作的, 制作的依据以地图数据库数据(主要是 DEM 数字高程模型)为基础。

通过手工雕塑结合 3D 打印技术完成对地形实体沙盘的研制工作, 形成如图 9 所示的地形白模。

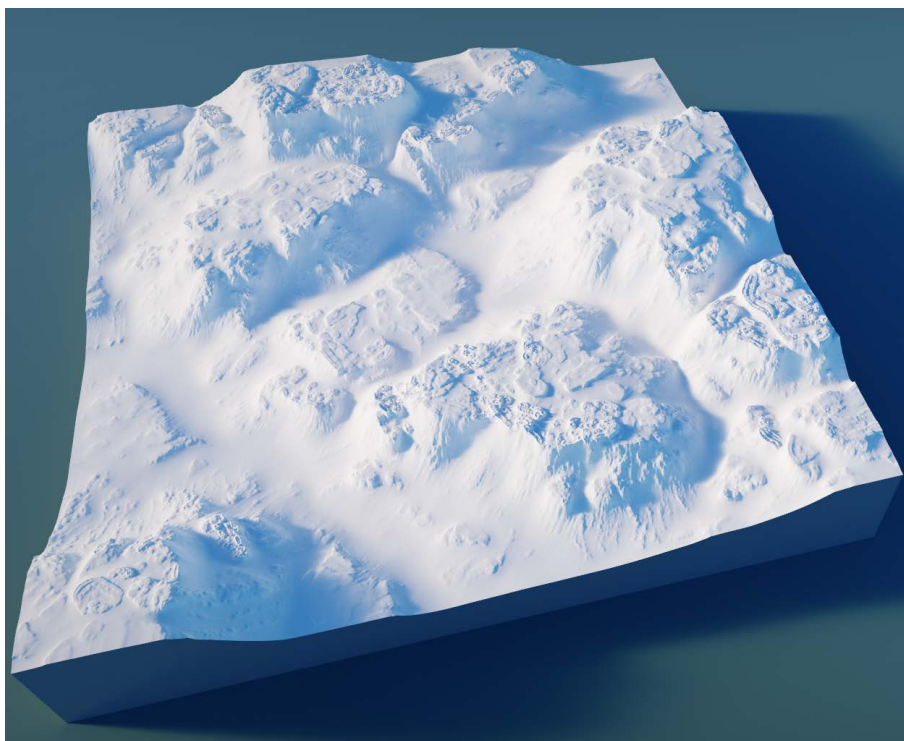


Figure 9. Terrain sand table white pattern  
图 9. 地形沙盘白模样式

## 5.3. 警院指挥教学数字训练系统软件设计

警院指挥教学数字训练系统软件基于可视化仿真软件平台构建, 面向作战指挥、沙盘推演及教学讲评等应用, 结合多点触摸、虚拟现实、视景增强、三维数字地球等技术, 提供了比实体沙盘更丰富、交

互更先进的可视化应用平台。

软件系统组成如图 10 所示:

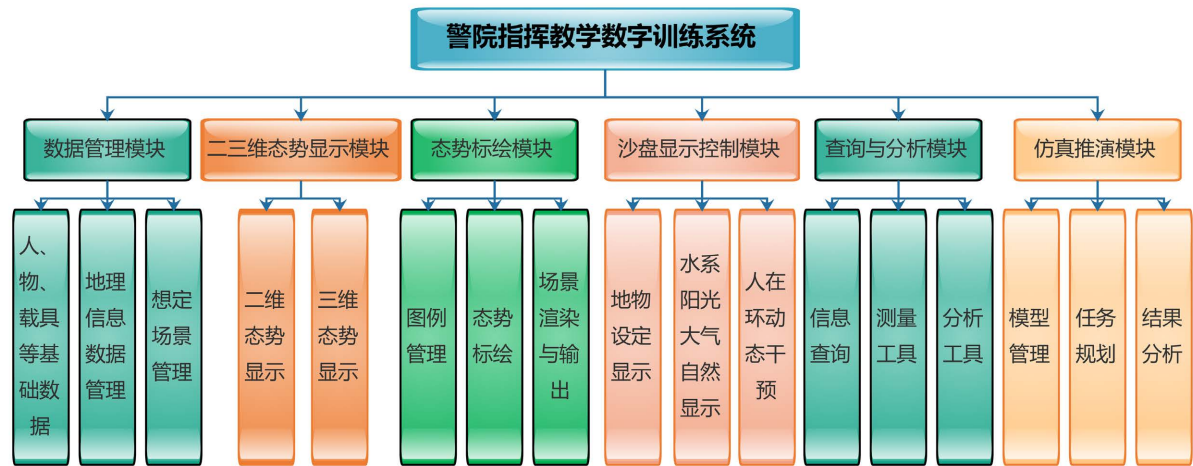


Figure 10. Composition of teaching system software

图 10. 教学系统软件组成

#### 5.4. 信息化支撑系统设计

信息化支撑系统是为警院指挥教学数字训练系统运转配套的相应软硬件基础设施及语音调度等教学辅助系统，如图 11 所示。

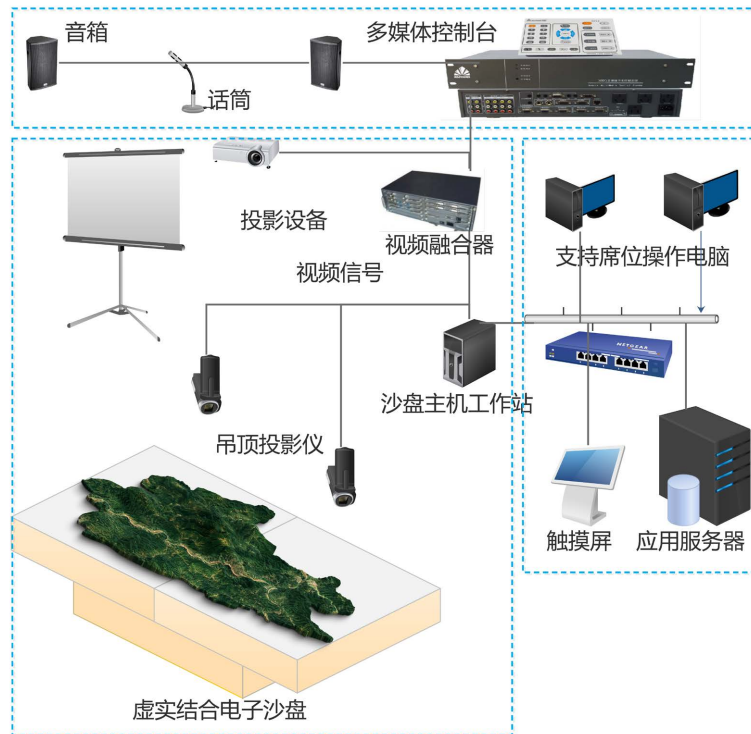


Figure 11. Teaching information support system

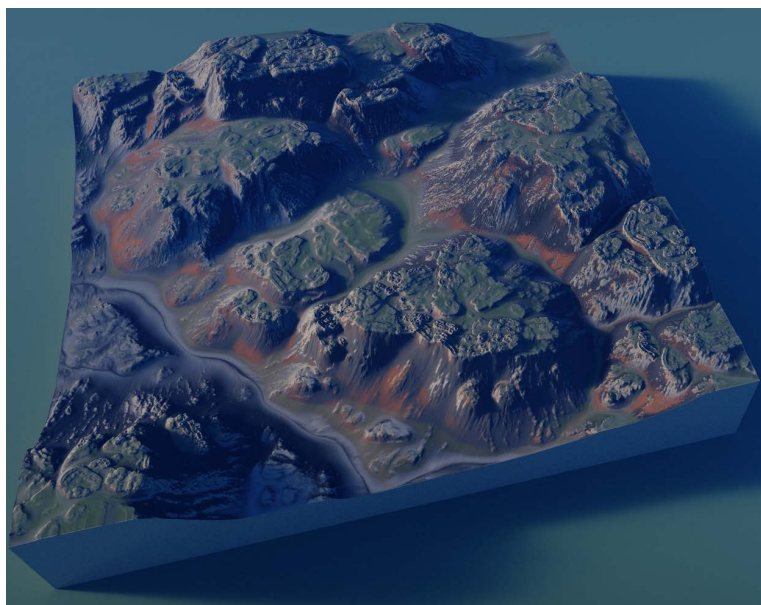
图 11. 教学信息化支撑系统



### 5.5. 三维系统建模及投影融合

在实际三维电子沙盘建模过程中, 如果地形与地物没有融合, 就会造成诸如地物悬浮在空中或钻入地下的情景, 因此在建模完成后, 需结合地理位置, 地形特征为地物进行顶挂投影仪与实体地形白膜的精准摆放。

通过三维建模形成影像信息, 投影后与白模地形形成一体, 如图 12 所示, 达到动态显示场景的可视效果。



**Figure 12.** The effect display after comparing the white mold projection texture  
**图 12.** 比照白模投影纹理之后的效果显示



**Figure 13.** Completion effect of system construction  
**图 13.** 系统建设完成效果



## 6. 结束语

在推动政法工作现代化及公安部“紧贴实战需要、聚焦提质增效”部署的大背景下[5], 围绕现场指挥过程中出现的痛点难点问题, 采用先进的三维图像建模及显示技术, 以虚实结合的新型电子沙盘设计方法实现警院指挥教学数字训练系统, 如图 13 所示, 着重提升现场指挥人员现场信息全局意识, 对指挥决策的多维要素感知研判, 锻炼针对警用需求现场指挥的资源调度协调能力及现场攻坚决策等方面综合指挥能力, 为学校培养合格的指战员提供有力的培训能力基础保障。

## 参考文献

- [1] 王晓楠. 大数据时代下主动侦查模式研究[J]. 辽宁警专学报, 2015(3): 18-21.
- [2] 百度百科. 电子沙盘[EB/OL]. [https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%99%E7%9B%98/622?fr=ge\\_al](https://baike.baidu.com/item/%E6%B2%99%E7%9B%98/622?fr=ge_al), 2023-11-02.
- [3] 中国航天系统科学与工程研究院. 禁毒学院禁毒战略推演室建设建议方案[R]. 北京: 内部技术方案, 2023.
- [4] Unreal Engine 5.0 Documentation. 设计视觉、渲染和图形效果优化和调试实时渲染项目 Nanite 虚拟几何体[EB/OL]. <https://docs.unrealengine.com/5.0/zh-CN/nanite-virtualized-geometry-in-unreal-engine/>, 2023-11-02.
- [5] 林冬梅. 侦查学视野下主动侦查研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国人民公安大学, 2013.