

基于军事地理信息系统的战场态势展示分析系统的设计与实现

何超¹, 沈悦², 纪翼浩¹, 王运成¹

¹战略支援部队信息工程大学, 河南 郑州

²河南地矿职业学院, 河南 郑州

收稿日期: 2022年3月17日; 录用日期: 2022年4月18日; 发布日期: 2022年4月25日

摘要

本文基于军事地理信息系统, 对战场作战态势展示要素进行梳理, 分析了系统的需求功能, 并进行了系统的结构设计和模块设计。实现了地图多图层切换显示, 武器装备基础信息、态势标绘和演播以及导调实时数据的接入显示等功能, 并可进行综合查询、量算分析、打印输出。系统有力推动作战指挥训练信息化建设工作, 提高了指挥员组织指挥能力, 促进了部队战斗力加速形成。

关键词

地理信息系统, 战场态势, 态势展示分析系统, 态势标绘平台

Design and Implementation of Battlefield Situation Display and Analysis System Based on Military Geographic Information System

Chao He¹, Yue Shen², Yihao Ji¹, Yuncheng Wang¹

¹Strategic Support Force Information Engineering University, Zhengzhou Henan

²Henan Vocational College of Geology and Mineral Resources, Zhengzhou Henan

Received: Mar. 17th, 2022; accepted: Apr. 18th, 2022; published: Apr. 25th, 2022

Abstract

Based on military geographic information system (GIS), this paper sorts out the elements of battlefield combat situation display, analyzes the requirements and functions of the system, and de-

文章引用: 何超, 沈悦, 纪翼浩, 王运成. 基于军事地理信息系统的战场态势展示分析系统的设计与实现[J]. 计算机科学与应用, 2022, 12(4): 1068-1079. DOI: 10.12677/csa.2022.124110

signs the structure and modules of the system. The functions of map data loading, display, control, situation plotting, real-time access and display of moving target and guiding data can be realized, and comprehensive query, calculation and analysis, printing and output can be carried out. It has effectively promoted the informatization construction of battlefield combat command training, improved the organization and command capabilities of battlefield combat commanders, and accelerated the formation of combat effectiveness of troops.

Keywords

Geographic Information System, Battlefield Situation, Situation Display Analysis System, Situation Plotting Platform

Copyright © 2022 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

随着军事技术的不断发展，武器装备、指挥信息系统、通信系统等都向着信息化方式转变，现代战争也逐渐转变为信息化战争。而胜负的关键不单纯取决于作战人员和武器装备的数量，如何快速处理海量战场情报，为指挥员甄别展示可靠、有效的信息，帮助指挥员进行正确、高效的决策，才是取得战争胜利的关键。将信息资源转变为决策优势进而提高指挥员指挥能力，就需要战场态势可视化技术。它为指挥决策提供了可靠、直观、形象的战场信息，指挥员可以根据战场态势的发展情况及时调整作战计划并为指挥演训与作战评估提供可视化的支持[1]。

我军的战场态势可视化技术研究起步较晚，目前主要采用二维态势方式来显示目标信息、地理信息、作战态势等等，基于军标标绘、电子沙盘的战场态势可视化主要实现了显示三维地形、军标的加载、坐标显示查询功能，军标模型显示单一，人机交互效率较低，态势展示分析功能简单单一。研究二三维一体化技术，综合利用二维和三维态势的方法来表述态势信息并进行分析，是提高指挥员指挥能力的有效途径。

战场态势展示分析是基于军用地理信息系统和态势标绘平台，实现态势动态显示，作战进程联动显示和文本描述，作战行动及行动效果可视化等功能。该功能解决了无形战场作战的有形展示问题，创新了作战行动及攻击效果可视化方法。同时，该功能可对演练进程、参演部队、战场环境、交战过程、受训部队活动情况、支撑信息系统等方面进行监控，控制演练的节奏、作战时间、天文时间以及阶段性演练过程的记录和回放。

2. 战场态势展示分析系统架构设计

战场态势展示分析系统的设计实现主要基于现有地图服务器、地理态势信息平台的改造，客户端可以独立运行，也可通过网络调用服务器提供的地理信息网络服务，进行服务器端数据的加载显示等操作。系统体系结构如图 1 所示。

2.1. 战场态势展示分析系统组成

网络空间态势展示系统由地图服务器(硬件，预装了地图数据)、地理信息网络服务软件、地理信息数据处理软件、网络空间态势展示分析软件组成。

地图服务器(预装地图数据)硬件设备作为服务器端，部署了海量地图数据，作为服务终端设备，为各

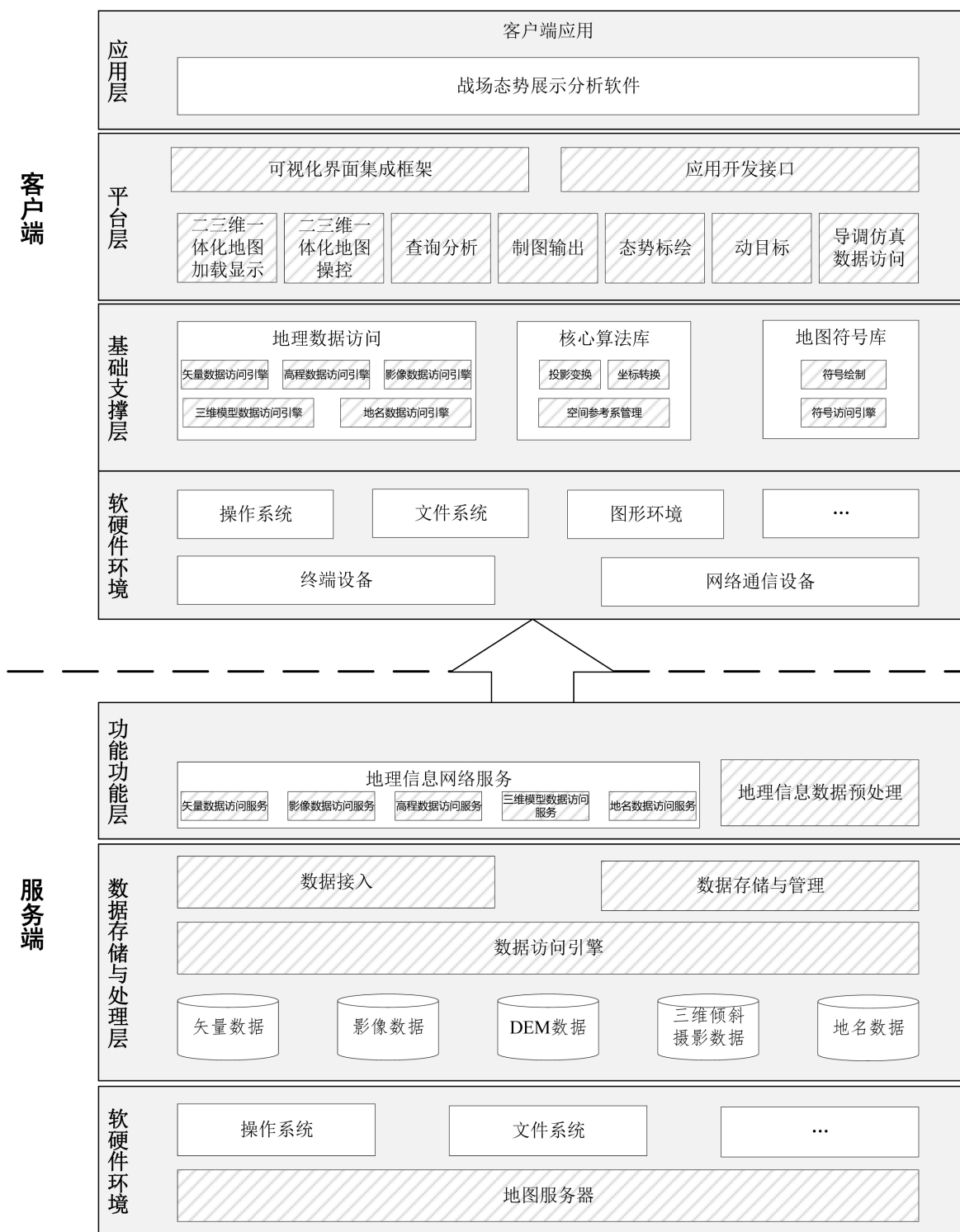


Figure 1. Battlefield situation presentation analysis system architecture diagram

图 1. 战场态势展示分析系统体系结构图

客户端提供地图数据等功能服务。

地理信息网络服务软件部署于地图服务器上，主要用于基于当前地图服务器中部署的地图数据，为

客户端提供远程数据访问服务。

地理信息数据处理软件部署于地图服务器上，主要用于将多种来源、类型、空间参考的数据转换为系统内部的应用格式地图数据，并将数据发布到地图服务器中供地图信息网络服务提供相应的服务能力支持。

网络空间态势展示分析软件部署于前端用户终端设备上，主要用于为用户提供二三维一体化的地图数据加载、显示、操控功能，支持态势标绘的绘制显示、编辑、管理，支持动目标以及导调数据实时接入显示能力，并可进行综合查询、量算分析、打印输出等操作。

2.2. 战场态势展示分析系统客户端设计

客户端自下而上设计为软硬件环境层、基础支撑层、功能层、应用层。

1) 客户端软硬件环境层即终应用软件运行终端设备，CPU 采用 Intel i5-4690，配备千兆以太网卡以及不低于 GeForce GTX 1050 的高性能独立显卡，预装 Windows 7 旗舰版 64 位操作系统。图形环境上，可采用 Qt5.6 开发本系统的态势展示界面。

2) 基础支撑层作为平台的底层，提供核心的、公共的算法、引擎内容，主要包括地理数据访问引擎(本地数据)、核心算法库、地图符号库，该层提供了矢量数据访问引擎、高程数据访问引擎、影像数据访问引擎、三维倾斜摄影数据访问引擎、地名数据访问引擎、空间参考系管理、投影变换、坐标转换、符号访问引擎、标号绘制等系统基础能力。

3) 客户端的平台层可提供二三维一体化的地图加载显示、地图操控、态势标绘、动目标，并支持二维视图下的制图输出操作，所有功能可通过组件方式进行开发实现。在提供集成框架的同时，还可提供应用开发接口，全部功能均可通过二次开发接口进行功能的调用；此外，该层还可调用训练导调与评估系统的导调仿真数据服务，为上层应用软件导调数据显示模块提供支撑。

4) 应用层可提供二三维一体化的地图数据加载、显示、操控功能，支持态势标绘的绘制显示、编辑、管理，支持动目标以及导调数据实时接入显示能力，并可进行综合查询、量算分析、打印输出等操作[2]。

2.3. 战场态势展示分析系统服务端设计

后端地图服务器系统可以采用一体化便携式地图服务器，服务器中预装有海量地理数据，安装地理信息数据预处理软件并部署了地理信息网络服务软件。其中，地理信息数据预处理软件将多种格式、多种比例尺、多种空间参考系的地图数据进行装载、处理、存储和组织后，进行数据发布；地理信息网络服务软件将基于当前部署的数据，为客户端提供各类数据的网络应用服务。

服务端自下而上分为软硬件环境、数据存储与处理层、功能层。

1) 服务端可采用地图服务器环境，该设备的 CPU 可采用 Intel i7，内存不低于 16 GB，硬盘不低于 40 TB，配备千兆以太网卡和高性能独立显卡，并预装 Windows 7 旗舰版 64 位操作系统。

2) 数据存储与处理层可通过数据访问引擎，进行矢量数据、影像数据、DEM 数据、三维倾斜摄影数据、地名数据的接入与处理，并进行统一的数据存储管理。

3) 功能层可以支持两部分操作，地理信息网络服务和地理信息数据预处理。地理信息数据预处理软件用于将接入的多种格式的矢量、影像、高程、三维倾斜摄影、地名数据进行转换成应用格式数据，并发布到地图服务器上；地理信息网络服务提供了基于当前地图服务器上部署各类数据的访问服务，多个客户端软件通过网络可以进行服务的调用。

2.4. 信息交互设计

战场态势展示分析系统服务端和客户端互主要依靠设计 API 接口进行信息交互，接口关系如图 2 所示。

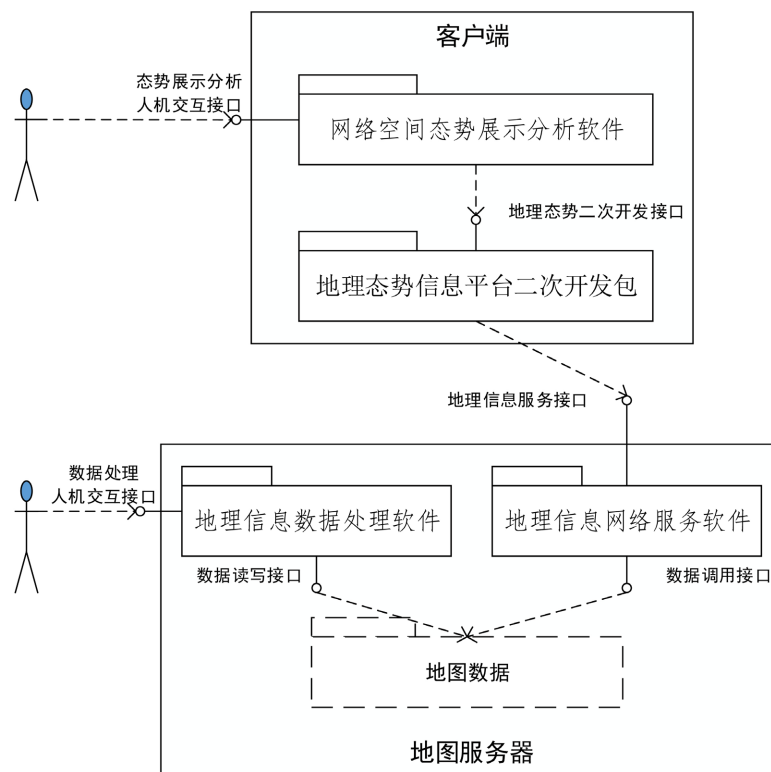


Figure 2. Battlefield situation display and analysis system interface diagram

图 2. 战场态势展示分析系统接口关系图

系统各接口功能如下：

- 1) 态势展示人机交互接口。为用户提供 UI 界面，提供用户登录和退出、地理信息展示、查询分析、文书模板和文书编辑管理、用户管理、地理信息查询分析、态势标绘、态势演播等操作。
- 2) 数据处理人机交互接口。由地理信息数据预处理软件提供服务，用户可通过 UI 界面操作，进行数据格式的转换。
- 3) 地理态势二次开发接口。网络空间态势展示分析软件通过调用二次开发包提供的接口，进行相关功能的实现。
- 4) 地理信息服务接口。地理态势信息平台二次开发包为网络空间态势展示分析软件提供矢量数据、影像数据、DEM 数据、军用地名数据、倾斜摄影数据、模型数据等各类数据访问功能服务。
- 5) 数据读写接口。地理信息数据预处理软件用于读取标准格式地图数据，进行加工处理后，转换为系统内部应用格式数据并发布到服务中。
- 6) 数据调用接口。地理信息网络服务软件将地图服务器中的数据按照客户端调用需求进行调用后返回到客户端进行显示。

3. 系统功能设计

战场态势展示分析软件部署于客户端上，通过网络调用访问地图服务器上的数据和功能服务，为用户提供二三维一体化的地图数据加载、显示、操控功能，支持态势标绘的绘制显示、编辑、管理，支持动目标以及导调数据实时接入显示能力，并可进行综合查询、量算分析、打印输出等操作[3]。组成结构如图 3 所示。

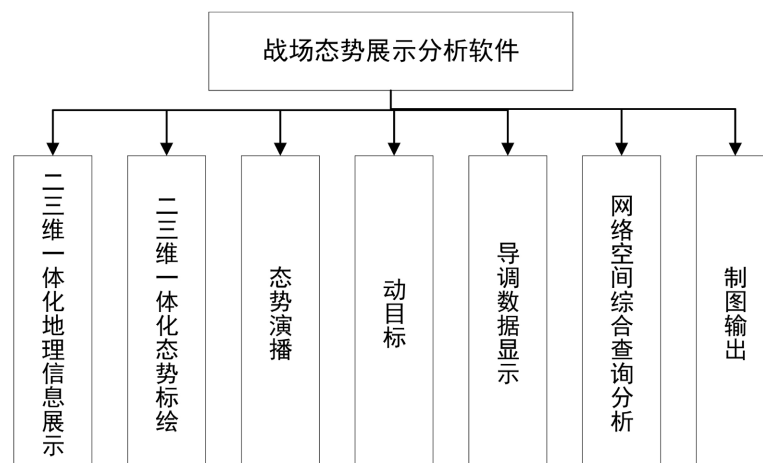


Figure 3. Battlefield situation display and analysis software composition structure diagram
图 3. 战场态势展示分析软件组成结构图

3.1. 二三维一体化地理信息展示

二三维一体化的地理信息展示模块由数据加载、二三维一体化地图显示、二三维一体化地图操控、视点导航、图层控制功能组成。支持多种格式的矢量、影像、高程、地名、倾斜摄影数据的显示，主要包括系列比例尺的新军标交换格式地图数据(地形图、航空图)、S57/MVCF 格式海图以及多种分辨率的正射影像数据、DEM 数据。三维场景下支持倾斜摄影数据的加载。对三维地图可以进行俯仰、旋转角度和比高调整，同时可对影像层的色度、亮度、饱和度、对比度和透明度调整，提供高程数据的基于高度的分层设色能力。支持二、三维统一地图分层显示控制，能够对多个军用矢量地图图层、影像图层、高程图层、兵要数据图层、倾斜摄影数据图层、实体模型图层进行分层显示，提供图层控制器控制图层的可见性，调整各图层的显示叠放次序[4]。

3.2. 二三维一体化的态势标绘

提供综合军事标号、三维模型、多媒体信息的军事标图功能。支持多种符号库、三维模型库，并支持标号库扩展；二三维一体化的战场态势符号显示和编辑；标绘图层管理功能；支持多媒体信息显示；支持矢量地图中矢量要素提取。能够在二维地图和三维地球中进行一体化的战场态势符号(含军标标号)和基本图元的绘制和显示，态势图形中每个标号都可以挂接多媒体信息(包括一个或多个语音、图象、文本、录像、数据库等)，为用户显示特定信息提供了接口，同时也可以有效地扩充标号代表的含义。

3.3. 态势演播

支持战场态势符号的二三维态势演播，包括演播的制作、控制和演播方案的保存等。将态势军标对象的动态行为定义成时序图形，提供类似 PPT 动画的演播制作工具，能够为标号设置多种演播动作。演播时序控制采用时间墙模型，模型中将所有的战略时间按照其时间的顺序进行排列，并将用特殊的图形符号将其显示在一面态势时间墙上，这样整个事件的时间顺序以及事件的前后联系就跃然于“墙”上了，同时在该态势时间墙上还可以根据战略态势的时间和主题内容把分析出来的态势之间的关联表达在该战略时间墙上。对推演播放的过程进行播放，包括开始、暂停、设置播放速率、和预览等；能对标号演播运动状态信息进行设置和修改，包括演播过程中的运动路线、状态、时间、动作出现方式和动作加减速等。最后可将目标打击推演过程存储到文件，以方便保存推演制作结果，并可以提供后续的编辑修改。

3.4. 动目标

提供动态目标二三维一体化展示能力，具体包括对动态目标的创建、删除、更新符号和动态目标符号化显示、轨迹显示。支持动目标标牌，标牌信息可自定义挂接及展示，同时具有显示隐藏设置。

3.5. 导调数据显示

支持导调数据的显示，并支持显示符号配置、显示效果设置等操作。能够接入训练导调与评估系统产生的实时导调数据，并将导调数据在图上进行显示，主要包括目标实体的展示、目标交互关系的表达、目标指令的响应联动等能力。

能够为导调系统产生的目标实体提供符号配置能力，提供包括环形柱、圆柱、环形 - 可切割、曲面函数、B 样条曲线、文字标牌等特效图形。目标的特效图形可提供颜色修改、垂直方向动态波、水波特效、表盘式扫描特效、冲击波特效、渐变色等特效图形的显示效果呈现方式。

3.6. 战场综合查询分析

支持基于关键字的综合查询功能，以及图上量算分析功能支持。在战场态势展示上根据关键字对地名、标绘和实体模型等信息进行综合查询，并在二三维地图上显示查询结果；基于当前加载的联合作战图、地形图、航空图等数据进行图上的地理目标的选取查询，并提供属性面板显示查询到的详细属性信息；提供距离、面积、方位角、高度的测算能力；提供基于地形高程数据的地表距离量算能力；提供基于地形高程数据进行坡度分析、坡向分析、高程分析以及断面分析能力；提供基于地形高程数据进行两点通视、多点通视、圆形通视、扇形通视分析能力；提供分析结果的地图展示和清除。二三维地图进行坐标定位功能，定位方式含基于地名、坐标、图幅号的多种地图定位功能。

3.7. 制图输出

在二维视图下，可对地图进行整饰设置，包括对指定区域地图进行方里网、经纬线、图廓的自动绘制和图外整饰(包括图例、比例尺、指北针、标题的添加及调整)等功能，能够输出指定范围的地图和设置图外整饰元素。并支持将整饰结果进行大图输出或者直接打印输出，打印时可以指定图幅页面大小；如果页面范围大于当前打印机纸张大小，提供自动分页打印功能；分页打印时提供接边距的设置；提供打印预览功能；提供输出成位图功能；支持输出 GeoTIFF 格式地图。

4. 功能实现

战场态势展示分析系统基于已有地图服务器和地理态势信息平台，采用 C/S 框架，使用 Windows7 旗舰版 64 位操作系统，加载全要素军用矢量地图，配备了千兆网络且与地图服务器连接通畅，实现了预期功能设计。

4.1. 系统首页界面

该系统可根据用户性质预设不同类型账号，导调员、指挥员、操作员等，通过各自账号登录后分别进入导调端、指挥端和操作端。如图 4 所示。

4.2. 二三维一体化的地理信息展示界面

启动战场态势展示分析软件后默认加载全球影像地图数据，切换到二维视图模式进行矢量、影像、高程、地名数据加载之后，即可进行数据叠加显示，进行图上缩放、漫游操作。切换到三维视图模式，加载三维倾斜摄影数据、模型数据，视野同步显示可进行三维俯仰、旋转操作。进行比高设置，设置影

像数据色度、亮度、对比度、透明度等参数,设置完成后进行影像数据显示。可进行高程数据分层设色,调整显示区域、视角等,保存为视点以后切换到其他区域点击上述视点进行场景还原显示。同时还可进行绕点旋转显示、沿路径飞行等操作。如图 5 所示。

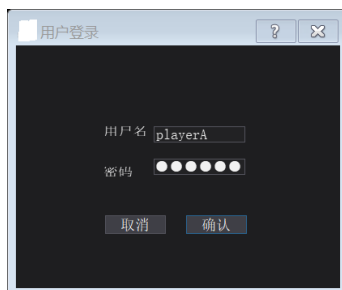


Figure 4. User login screen

图 4. 用户登录界面

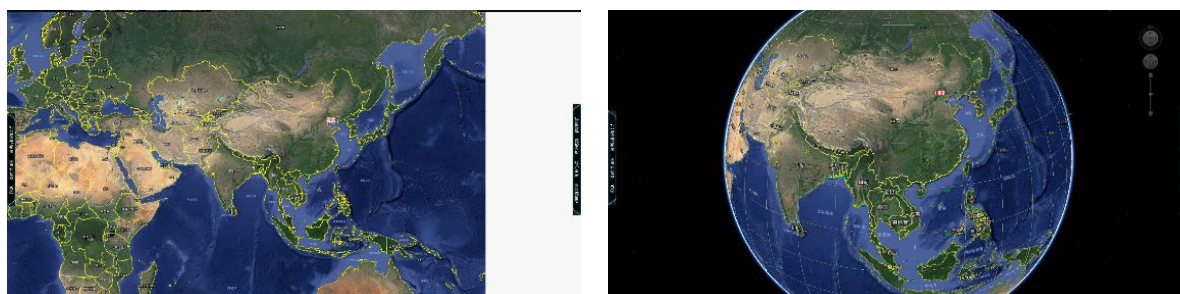


Figure 5. Manipulating the menu

图 5. 二三维矢量影像叠加显示

4.3. 二三维一体化态势标绘界面

启动战场态势展示分析软件,打开默认底图数据之后打开标绘面板,按照标号名称、编码或分组进行战场态势符号或其它标号检索,选择对应标号后即可在图上进行标号绘制。打开标绘图层控制器,即可显示当前绘制标号在属性图层组织结构中的位置,选中该标号进行标号控制点拖拽,可实现其几何属性编辑。切换到三维显示模式之后,可进行多媒体信息的设置和信息查询。如图 6 所示。

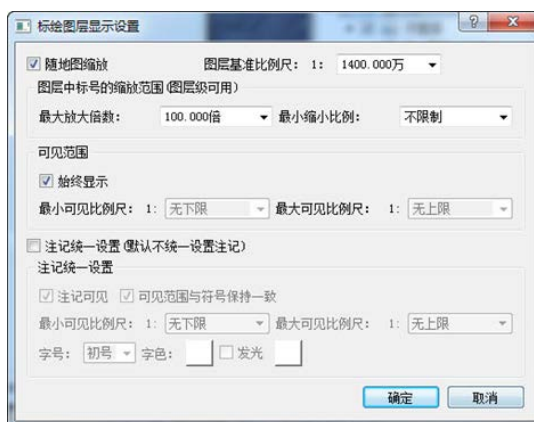


Figure 6. Multimedia information query

图 6. 标绘图层显示属性设置界面

4.4. 态势演播界面

启动战场态势展示分析软件，打开默认底图数据之后，绘制点标号，设置进入、显示、退出等显示效果，绘制线标号并设置线标号为点标号的移动路径。打开演播控制面板，进行演播时序调整、单个演播时间等特性设置，进行演播的预览、播放、暂停、停止等设置即可查看演播效果，保存为标绘文件后，可支持文件打开和后续演播设置[5]。如图 7 所示。

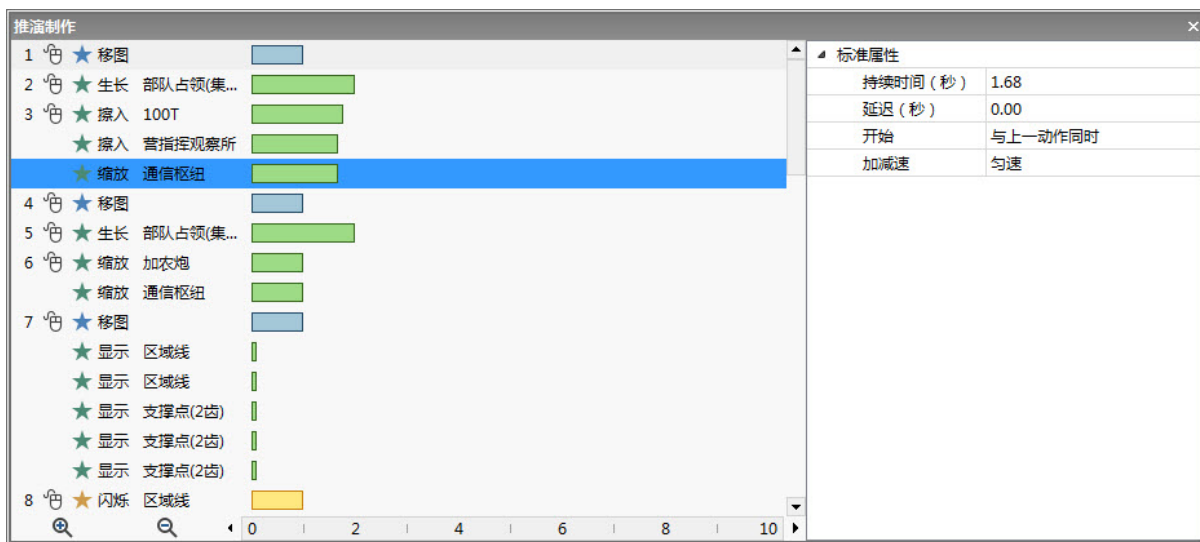


Figure 7. Production and control menu

图 7. 演播制作时序处理

4.5. 动目标界面

启动战场态势展示分析软件，打开默认底图数据之后调用动目标，进行动目标的设置，随着时间推进，动目标更新显示并显示轨迹。可设置标牌显示信息，进行标牌显示。如图 8 所示。

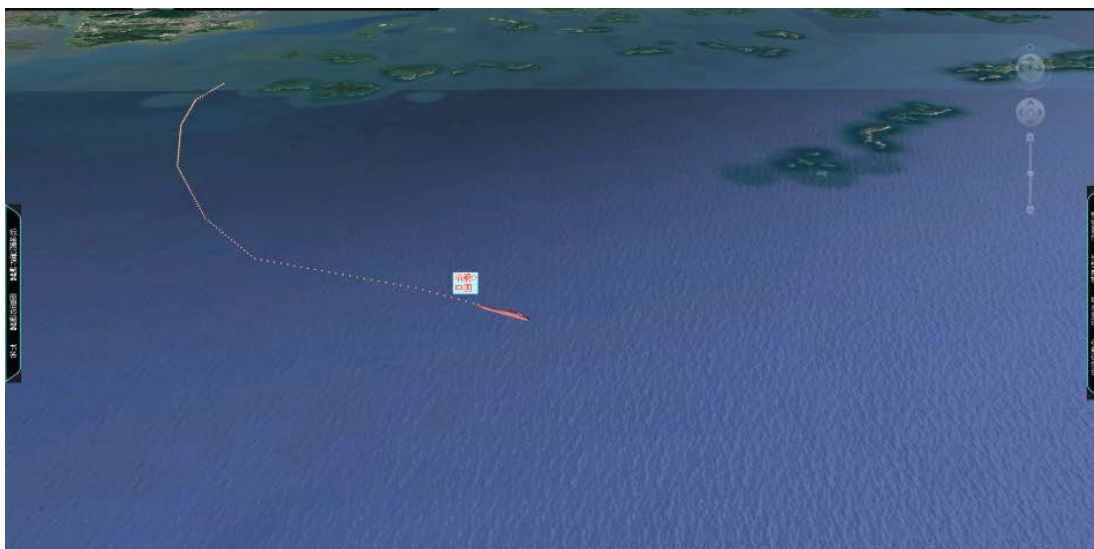


Figure 8. Schematic diagram of the moving target trajectory

图 8. 动目标轨迹显示示意图

4.6. 导调数据显示界面

启动战场态势展示分析软件, 打开默认底图数据之后接入导调数据, 并将导调数据在图上进行显示, 主要包括目标实体的展示、目标交互关系的表达、目标指令的响应联动等能力, 支持目标实体之间动态链路的绑定与显示特效设置, 且其特效显示方式可采用用户自定义图片的方式进行设置。支持目标的特效图形设置, 可提供颜色修改、垂直方向动态波、水波特效、表盘式扫描特效、冲击波特效、渐变色等特效图形的显示效果呈现方式。如图 9 所示。

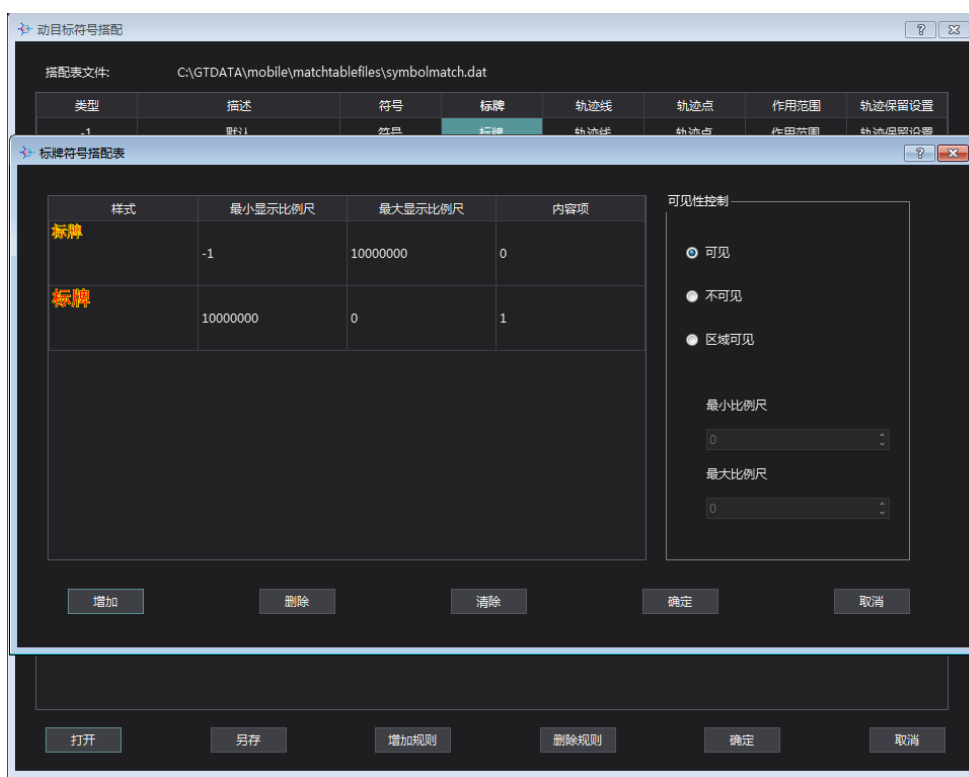


Figure 9. Graphical diagram of the effect
图 9. 目标实体符号搭配操作界面

4.7. 战场综合查询分析界面

启动战场态势展示分析软件, 打开默认底图数据之后, 打开高程矢量数据, 选择量算分析工具进行量算分析并显示分析结果。打开定位面板, 进行坐标、图幅查询, 定位到查询位置。选择空间查询工具, 进行图上要素选取, 显示要素属性并打开综合查询面板, 输入要素关键字, 即可进行地名、标绘等要素查询。双击查询结果, 可进行要素图上定位。如图 10 所示。

4.8. 制图输出功能

启动战场态势展示分析软件, 打开默认底图数据之后, 在图上进行态势标绘, 选择地图范围选择工具, 拉框进行图上范围选取, 即可对地图整饰操作, 包括对指定区域地图进行方里网、经纬线、图廓的自动绘制和图外整饰(包括图例、比例尺、指北针、标题的添加及调整)等功能, 能够输出指定范围的地图和设置图外整饰元素。同时打印输出提供完整图幅打印功能, 支持二维地图打印输出功能和大位图输出功能[6]。如图 11 所示。



Figure 10. Schematic diagram of the effect of the comprehensive query result list
图 10. 综合查询结果列表效果示意图



Figure 11. Bitmap output interface
图 11. 位图输出界面

5. 系统设计关键技术

对海量矢量数据的高性能显示，在 GIS 领域一直以来都是一个难点。相比栅格数据，矢量数据包含的地理信息更加丰富、数据模型也更加复杂，其显示的复杂度远高于栅格数据。由于传统矢量数据的数据模型及存储与组织方式，既不支持瓦片化，也没有突破矢量金字塔技术，因此以传统方式进行矢量数据显示时，需要进行空间查询、数据裁剪、顶点简化、符号及注记搭配、符号化与注记绘制等复杂、耗时的步骤，显示性能低下。

突破矢量数据瓦片化技术、矢量金字塔构建技术，提升数据查询与访问速度，使用并行化、异步化、硬件加速化、符号注记预搭配技术、面目标的预三角化技术等多种高性能地图显示技术手段，实现矢量数据的高性能显示。

对于矢量数据同时生成两种类型的矢量瓦片：矢量数据瓦片(tvd)和矢量显示瓦片(tvv)。其中矢量数据瓦片包含原始数据文件中的全部信息，包括几何数据、属性数据、拓扑数据。矢量数据瓦片可以用于

显示、查询、分析等各种应用场景。矢量显示瓦片包含几何数据和符号数据，用于 GPU 加速显示。这两种瓦片可以同时存在系统中配合使用，也可以单独使用。

5.1. 矢量数据瓦片

矢量数据瓦片包括按图层按金字塔级别形成的一系列瓦片库，存储在 tdb 瓦片库中。tdb 瓦片库中包含矢量数据的全部信息，包括属性数据。同时为了方便支持基于属性数据的 SQL 查询，矢量数据瓦片可以选择生成属性库(adb)，将需要支持 sql 查询的属性字段存储在属性库中。属性库中的属性数据是冗余存储的，所有的属性数据均在 tdb 瓦片库中已有存储。因此属性库是可选的，没有属性库的 tvd 数据仍然支持 GIS 系统的所有功能。只是不能以 sql 条件的方式对属性数据进行 sql 查询。

矢量数据瓦片中的几何数据存储的是地理坐标或者投影坐标数据，缺省采用 CGCS2000 坐标系。数据瓦片中的坐标值可以超出瓦片的实际范围。

5.2. 矢量显示瓦片

矢量显示瓦片是根据不同地图配图风格，进行 GPU 显示加速处理所生成的瓦片库。与矢量数据瓦片类似，矢量显示瓦片包括按图层按金字塔级别形成的一系列瓦片库，存储在 tdb 瓦片库中。tdb 瓦片库中包含矢量数据的几何信息，以及对应显示风格下的针对 GPU 加速进行预处理的符号信息。

矢量显示瓦片数据中的几何数据采用屏幕坐标系。符号数据根据配图风格，结合地图符号库预先生成适合 GPU 加速的指令格式，以便在绘图时通过 GPU 直接渲染。

通过矢量数据瓦片化技术，对矢量数据进行了全球瓦片化剖分，能够以瓦片为基本并行单位，方便进行并行化处理，可提高数据访问环节、查询环节、投影变换环节、符号注记搭配环节、符号化处理环节的性能，对于海量数据而言，这种优势更加明显。

6. 结束语

战场态势展示分析系统以多样化的方式，直观、形象地为指挥员展示了敌我双方战场作战态势，为指挥训练提供了一个实时高效、多点掌控、灵活便捷、高度仿真的支撑软硬件环境，有助于生成指挥员的指挥能力。系统建成后，目前已经支撑了多场指挥综合演训应用，得到受训队伍一致认可。

参考文献

- [1] 明芳. 海战场三维态势可视化技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国舰船研究院, 2011.
- [2] 杜静, 敖富江, 李鹏飞, 马慧慧. 网络空间态势信息的特点及其知识表示方法[J]. 数据采集与处理, 2019, 34(3): 500-508. <https://doi.org/10.16337/j.1004-9037.2019.03.013>
- [3] 汤扣林. 海战场网络空间态势感知与生成[C]//第六届中国指挥控制大会. 第六届中国指挥控制大会论文集(下册). 北京, 2018: 225-229.
- [4] 李明, 脱永军, 黄云霞. 网络空间态势感知模型及应用研究[J]. 通信技术, 2016, 49(9): 1211-1216.
- [5] 赵争业. 面向网络空间态势的多源数据融合技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 国防科学技术大学, 2012.
- [6] 张未平. 指挥信息系统体系作战结构研究[M]. 北京: 国防大学出版社, 2011: 67-89.