

基于 Three.js 的地压监测可视化分析云服务平台构建与应用

王济农¹, 孙帮涛², 张 驰¹

(1. 矿冶科技集团有限公司, 北京 100160;

2. 彝良驰宏矿业有限公司, 云南 昭通 657602)

摘 要:随着云服务及可视化信息技术的飞速发展以及国家和矿山企业对于矿山安全问题的日益关注,对作为矿山的数字化智能化载体的云服务平台提出了更高的要求,传统信息化平台应用的二维 GIS 技术已无法满足复杂的可视化分析需求。基于 Three.js 三维引擎,聚焦于矿山地压监测的可视化分析业务设计并开发了云服务平台,实现了倾斜摄影测量模型、矿山井巷模型、手动设计建模等多种三维数据的渲染展示,并具备地压监测数据的查询统计与云图分析功能,有效提升了矿山地压分析服务平台的易用性与分析深度。

关键词: Three.js; 可视化分析; 云服务; 地压监测; 模型渲染; 地压分析

中图分类号: TD76

文献标志码: A

文章编号: 1671-4172(2023)06-0021-05

Construction and application of a cloud service platform for visual analysis of ground pressure monitoring based on Three.js

WANG Jinong¹, SUN Bangtao², ZHANG Chi¹

(1. BGRIMM Technology Group, Beijing 100160, China;

2. Yiliang Chihong Mining Co., Ltd., Zhaotong Yunnan 657602, China)

Abstract: With the rapid development of cloud service and visualization information technology as well as the increasing concern of the state and mining enterprises for mine safety issues, higher requirements have been put forward for the cloud service platform as the digital intelligent carrier of mines. The two-dimensional GIS technology applied by the traditional information platform has been unable to meet the complex visualization analysis requirements. Based on Three.js 3D engine, this paper focuses on the visual analysis business of mine ground pressure monitoring, designs and develops a cloud service platform, realizes the rendering and display of a variety of 3D data such as tilt photogrammetry model, mine shaft model, manual design modeling, etc., and has the query statistics and cloud image analysis function of ground pressure monitoring data, which effectively improves the ease of use and analysis depth of the mine ground pressure analysis service platform.

Key words: Three.js; visual analytics; cloud services; ground pressure monitoring; mode rendering; ground pressure analysis

在测绘技术的支持下,矿山获取地理空间信息的手段越来越丰富,分析人员对于矿业可视化地压分析平台的要求越来越高,不再满足于在二维地图上进行地理信息的可视化分析^[1]。三维 GIS 相比

于传统的二维 GIS,可视化程度更高,信息表现力更强,能够更直观地表征空间关系。在矿山生产中,三维激光扫描仪、无人机倾斜摄影、卫星遥感影像及人工设计建模等技术产生了大量三维地理信息数据^[2],有效地将多源三维模型数据进行可视化融合表征对于矿山的地压分析具有重要意义^[3]。

随着互联网与云服务信息技术的快速发展,WebGIS 技术应运而生,为三维 GIS 技术提供了更

收稿日期: 2023-10-30

基金项目: 矿山科技集团有限公司青年科技创新基金(04-2220)

作者简介: 王济农(1995-),男,硕士,工程师,机械设计及理论专业,
E-mail: wangjinong@bgrimm.com。

为灵活的应用载体,用户仅需要一台连接互联网的设备就可以使用 GIS 技术服务^[4]。本文基于开源的 Three.js 三维引擎构建了可视化框架,设计开发了三维可视化地压分析云服务平台,实现了倾斜摄影测量模型、矿山井巷模型、手动设计建模等多种三维数据的融合渲染展示,并具备地压监测数据的查询统计及云图分析功能,拓展了地压分析的应用深度。

1 关键技术

1.1 Three.js 三维引擎

Three.js 是一个基于 WebGL 的 JavaScript 3D 库。封装了 WebGL 技术规范的 API,为开发者提供了简单易用的 API,具有跨平台、跨浏览器展示三维动态场景的优点。Three.js 提供组件、方法和工具,用于创建和处理 3D 图形,可以在 Web 浏览器中快速渲染矿山三维场景,并具备高质量的性能、精度和渲染效果^[5]。

1.2 坐标转换

GIS 系统的数学基础是坐标系,用于准确地描述地理空间,为实现多源数据的可视化融合分析,需要实现多源三维模型坐标系的统一和转换。

GIS 中坐标系分为地理坐标系和空间大地直角坐标系。地理坐标系以参考椭球体(如 WGS84 椭球和国家 200 坐标系椭球)为基础来描述地球表面的点的位置,坐标为经度和纬度表示的一对二元组(L, B)。空间大地直角坐标系的坐标原点位于参考

椭球体中心, X 轴指向起始子午面和赤道的交点, Y 轴在赤道面上,按右手系与 X 轴成 90° , Z 轴与椭球旋转轴一致,指向参考椭球的北极点,空间中一点使用一个三元组(X, Y, Z) 确定位置^[6]。GIS 系统下,常常需要将地理坐标系下的数据转换到空间大地直角坐标系下渲染,其转换公式如下:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+H)\cos B\cos L \\ (N+H)\cos B\sin L \\ [N(1-e^2)+H]\sin B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2 B}} \quad (2)$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (3)$$

式中, B, L, H 分别表示该点的纬度、经度和高程; N 为卯酉圈半径; e 为椭球扁率, a, b 分别为地球椭球的长半轴与短半轴。

2 平台设计

2.1 平台架构

本文设计开发的三维可视化地压分析云服务平台主要由数据层、服务层和应用层三层架构构成,如图 1 所示。其中,数据层采用 PostGIS 空间数据库和文件模型管理多源三维数据;服务层 Web 服务器采用 IIS (Internet Information Service),并使用了天地图提供的在线影像和电子地图服务。应用层采用 Three.js 三维引擎,实现对多源三维模型数据的加载、渲染以及对地压数据的可视化分析。

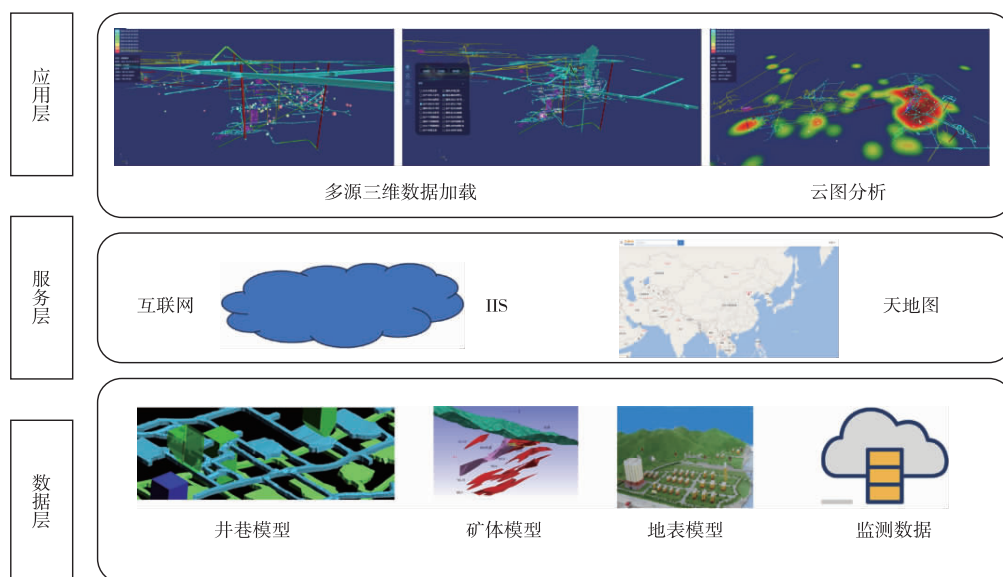


图 1 三维可视化地压分析云服务平台架构

Fig. 1 3D visualized ground pressure analysis cloud service platform architecture

2.2 三维模型来源

矿山常见模型主要包含以下三种来源:

1) 三维激光扫描模型

采用架站式或手持式三维激光扫描仪采集矿山井巷构造及采场采空区的三维空间数据,应用专用的点云处理软件进行去噪处理、点云匹配、模型拼接等建模操作,获取真实的矿山地下开拓系统三维模型^[7]。

2) 倾斜摄影模型

采用无人机搭载多视角相机采集地面影像,然后采用航空摄影测量专业软件对数据进行处理,使用点匹配算法进行密集匹配,得到稠密的三维点云,然后根据点云构造三角网,得到表面模型,最后进行纹理映射,得到真实的地表三维模型^[8]。

3) 人工设计模型

人工设计模型是传统的三维模型设计方法,矿山的矿体、构造、裂隙的三维模型表征大多是根据勘察结果由人工手动设计建模,矿山的地表建筑由于本身精细程度要求不高,很多矿山也是通过人工根据矿区建设情况手动建模。

2.3 地压数据来源

本文设计研发的三维可视化地压分析云服务平台主要结合微震、应力及位移数据进行地压安全分析,平台设计推出了数据接入的标准协议,支持遵从数据接入规范的监测数据的 API 接入,同时支持监测数据文件的上传导入。

3 平台功能实现

3.1 多源三维模型融合渲染

平台设计了独立的模型管理页面,用于集中管理不同来源的三维模型,支持对上传的模型调整中心点坐标并设置分析区域。模型在上传时进行统一的分组分段上传、数据转换和坐标统一操作,实现对不同来源的三维模型的归一化管理。

平台的三维可视化分析区域采用图层管理模块实现对三维模型的分层加载和渲染展示,不同的图层根据上传时的分组列表显示在区域左侧,通过勾选取消的操作控制多源三维模型的加载和隐藏,同时由于上传时的坐标转换及中心点统一的操作,不同来源的三维模型得以显示在正确的位置上,并清楚地表达模型之间的空间关系^[9]。多源三维模型渲染如图2所示。该平台已在某矿山应用,效果良好^[10]。

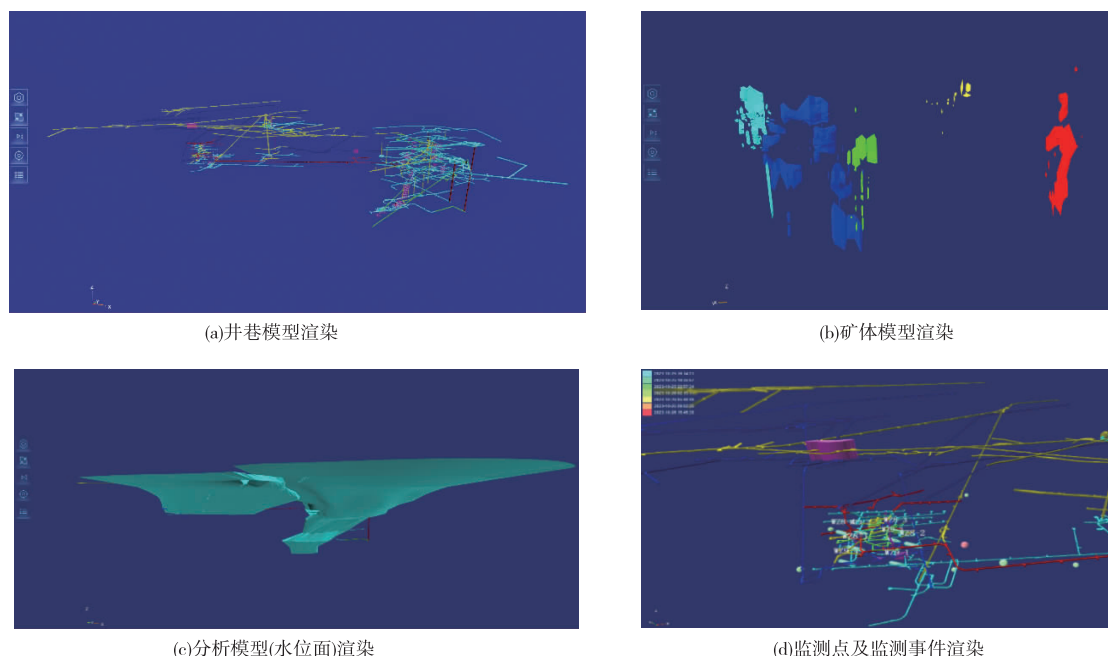


图2 多源三维模型渲染

Fig. 2 Multi-source 3D model rendering

3.2 地压数据的查询统计

平台基于主流的数据格式设计推出了地压数据接入规范,能够实时的接入微震、应力和位移监测数据,支持针对时间、监测点位及物理量如能量、震级

的筛选查询。

同时针对微震监测数据,结合常用的统计学方法设计开发了时间历史曲线、时间分布、能量-地震矩分析、震级-频度分析统计功能,见图3。

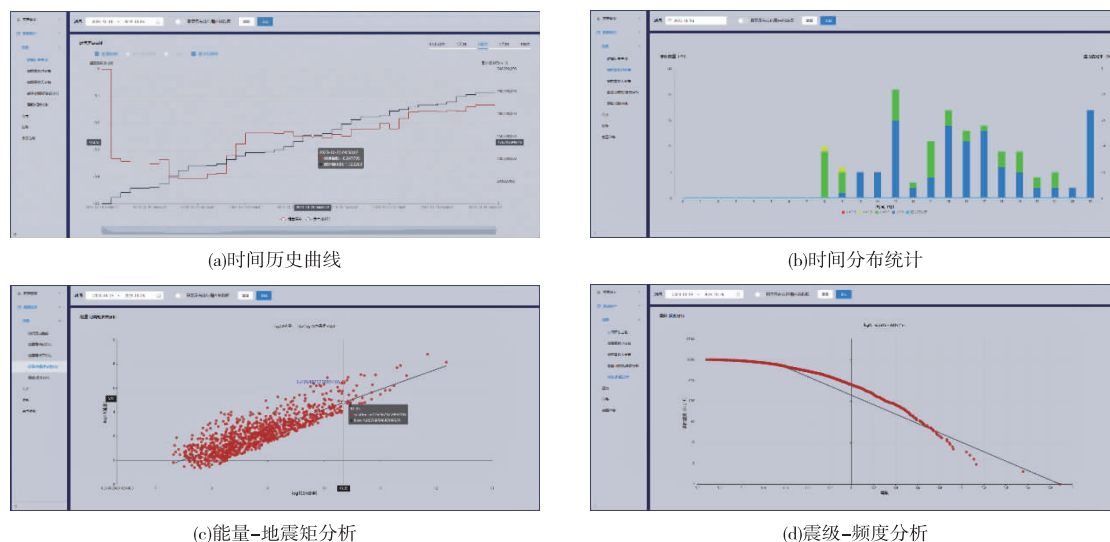


图 3 微震监测数据统计分析

Fig. 3 Statistical analysis of microseismic monitoring data

3.3 地压数据的三维表征及单体查询

平台接入了矿山多源的三维模型数据,为地压数据的空间分析建立了可视化基础。基于可视化场景,平台将监测点配置信息及监测数据进行了可视化表征,如图 4 所示。并针对各个监测事件开发了单体查询功能,每一个事件球可以单独被选中并弹出具体的数据信息,如图 5 所示。

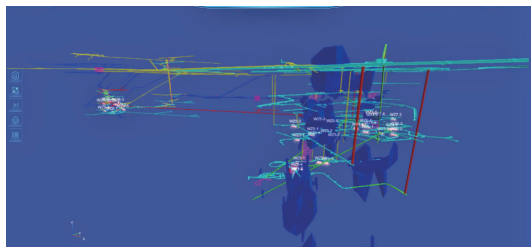


图 4 监测点安装位置可视化

Fig. 4 Visualization of monitoring point installation locations

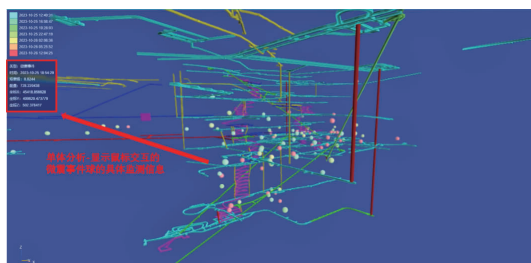


图 5 微震监测事件单体查询

Fig. 5 Microseismic monitoring event single query

3.4 微震数据的云图分析

平台基于微震事件发生的密度及空间信息研究并开发了云图分析的功能,如图 6 所示。热力图表

征了过去一段时间空间中当前点位发生岩体破裂事件的密度,通过与矿山井巷模型的空间对应关系结合分析,对于辅助评估矿山作业面的风险程度提供了重要依据。

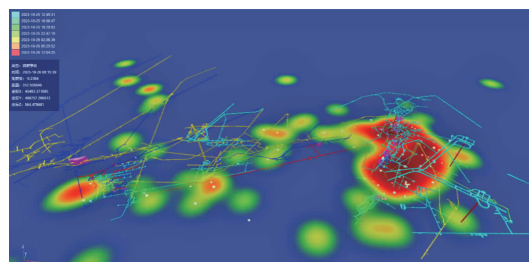


图 6 微震监测云图分析

Fig. 6 Microseismic monitoring cloud map analysis

4 结论

随着测绘、云服务及互联网技术在矿山行业的快速发展及应用,传统的二维 GIS 平台已经无法满足地压安全分析的实际应用需求。本文基于 Three.js 三维引擎设计并研发了三维可视化地压分析云服务平台,实现了多源三维模型的融合渲染,并针对地压安全分析业务开发了监测数据集成、查询、统计及空间云图分析等应用功能。极大提升了地压分析业务的便捷性、准确性及实时性,平台已结合矿山项目落地应用,取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 戴玉成. 基于 UAV 倾斜影像匹配点云的城市建筑物信息提取方法研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2017.

- DAI Yucheng. Research on urban building information extraction method based on UAV oblique image matching point cloud [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2017.
- [2] 纪亮. 基于倾斜摄影三维建模及精细化方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(6): 218-221.
- JI Liang. Research on 3D modeling and refinement methods based on oblique photography [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2021, 44(6): 218-221.
- [3] 张丹, 马红梅. 非煤矿山双重预防体系数字化平台研究与应用[J]. 有色金属工程, 2020, 10(8): 119-123.
- ZHANG Dan, MA Hongmei. Research and application of dual prevention system digital platform for noncoal mine [J]. Nonferrous Metals Engineering, 2020, 10(8): 119-123.
- [4] 李小敏. WebGIS 三维实景地图在城市规划管理中的应用研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2019.
- LI Xiaomin. Research on the application of WebGIS 3D real-time map in urban planning and management [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2019.
- [5] 雍晨天. 基于 WebGL 的数据中心三维可视化系统设计与研究[J]. 中国管理信息化, 2023, 26(1): 153-156.
- YONG Chentian. Design and research of 3D visualization system for data center based on WebGL [J]. China Management Informationization, 2023, 26(1): 153-156.
- [6] 李泉洲. 基于 Cesium 的倾斜摄影三维模型单体化研究与实现[D]. 西安: 长安大学, 2019.
- LI Quanzhou. The research and implementation of oblique photography 3D model monomer based on Cesium [D]. Xi'an: Chang'an University, 2019.
- [7] 王紫临, 张达. 井下障碍物激光雷达动态识别技术研究[J]. 矿冶, 2023, 32(1): 104-108, 114.
- WANG Zilin, ZHANG Da. Research on underground obstacle dynamic detection based on LiDAR [J]. Mining and Metallurgy, 2023, 32(1): 104-108, 114.
- [8] 李鹏鹏, 孙雅庚. 实景三维与多源数据融合技术的研究和应用[J]. 测绘通报, 2019(增刊 1): 133-136.
- LI Pengpeng, SUN Yageng. Research and application of real-time 3D and multi-source data fusion technology[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2019(Suppl. 1): 133-136.
- [9] 肖现臣. 基于 Three.js 构建小场景三维地理信息系统的关键技术研究[J]. 城市勘测, 2022(3): 25-28.
- XIAO Xianchen. Research on key technologies for building a small-scale 3D geographic information system based on Three.js[J]. Urban Geotechnical Investigation & Surveying, 2022(3): 25-28.
- [10] 鲁魏. 基于 Three.js 的矿区三维可视化应用平台开发与研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2023.
- LU Wei. Development and research of 3D visualization application platform for mining areas based on Three.js [D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2023.

(编辑: 周叶)

(上接第 6 页)

- [10] YANG L, ZHANG R Y, LI L, et al. SimAM: a simple, parameter-free attention module for convolutional neural networks[C]//Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning, 2021: 11863-11874.
- [11] HU J, SHEN L, SUN G. Squeeze-and-excitation networks[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018: 7132-7141.
- [12] WANG Q, WU B, ZHU P, et al. ECA-Net: efficient channel attention for deep convolutional neural networks [C]//Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2020: 11534-11542.
- [13] WOO S, PARK J, LEE J Y, et al. Cbam: convolutional block attention module [C]//Proceedings of the European Conference on Computer Vision(ECCV), 2018: 3-19.
- [14] ZHANG Y F, REN W, ZHANG Z, et al. Focal and efficient IOU loss for accurate bounding box regression [J]. Neurocomputing, 2022, 506: 146-157.

(编辑: 周叶)