

机电与自动化



移动扫码阅读

韩军,张衡,姜新宇,等.基于 Unity3D 的微震监测分析虚拟现实系统研发[J].煤炭科学技术,2019,47(5):151-155.doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.05.024

HAN Jun,ZHANG Heng,JIANG Xinyu,et al.Development of microseismic monitoring and analysis virtual reality system based on Unity3D [J].Coal Science and Technology,2019,47(5):151-155.doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.05.024

基于 Unity3D 的微震监测分析虚拟现实系统研发

韩军^{1,2},张衡^{1,2},姜新宇^{1,2},贾冬旭^{1,2}

(1.辽宁工程技术大学矿业学院,辽宁阜新 123000;2.辽宁省煤炭资源安全开采与洁净利用工程研究中心,辽宁阜新 123000)

摘要:微震监测对矿山安全生产具有重要意义,也得到了广泛应用。针对微震监测数据数量庞大、内容冗杂、实时显示弱、与采掘工程集成度低等问题,开发了一种基于 Unity3D 平台的微震监测数据分析平台。其主要过程是:收集矿山三维地质坐标、地层岩性等数据建立矿山三维模型,导入到 Unity3D 引擎当中,对模型添加材质,进行渲染并实现模型坐标数据与现实坐标数据整合,在此基础上利用 C# 语言编写脚本实现采掘进度的实时模拟,再通过连接 SQL Server 数据库将矿井微震监测数据进行调用,完成整个系统地质数据、采掘数据与微震数据的集成和实时显示。通过调用系统数据,可实现微震数据的相关统计、分析,并分析其与地质条件、采掘活动的相关性。系统在河南义马煤田跃进、常村两矿进行了实际应用,实现了矿井群开采微震监测数据的联合分析。

关键词:冲击地压;微震;虚拟现实;Unity3D

中图分类号:TD324

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2019)05-0151-05

Development of microseismic monitoring and analysis virtual reality system based on Unity3D

HAN Jun^{1,2},ZHANG Heng^{1,2},JIANG Xinyu^{1,2},JIA Dongxu^{1,2}

(1. College of Mining, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China;

2. Liaoning Province Coal Resources Safety Mining and Clean Utilization Engineering Research Center, Fuxin 123000, China)

Abstract: Microseismic monitoring is of great significance to mine safety and has been widely used. In view of the problems of large amount of microseismic monitoring data, redundant content, weak real-time display and low integration with mining engineering, a microseismic monitoring data analysis platform based on Unity3D platform was developed. The main process is as follows: 3D geological coordinates of the mine, the lithology of the formation and other datas are collected to build a 3D model of the mine, then they are imported into the Unity3D engine. After that, materials are added to the model, and the model coordinate data with the real coordinate data are rendered and integrated. Based on this, C# language scripting is employed to realize the real-time simulation of mining progress, and then calls the SQL Server data base to call the mine microseismic monitoring data to complete the integration and real-time display of the whole system geological data, mining data and microseismic data. By calling the system data, the relevant statistics and analysis of the microseismic data can be realized, and the correlation with the geological conditions and mining activities can be analyzed. The system has been applied in Yuejin and Changcun mines of Yima coalfield, and the joint analysis of microseismic monitoring data of mine-group mining has been realized.

Key words: rock burst; microseismic; virtual reality; Unity3D

0 引言

矿山环境非常复杂,矿山数据来源广、形式多

样。如何将大量数据转换为信息是采矿工程特别是智能采矿时代需要解决的重要问题。微震监测已经被广泛应用于冲击地压(岩爆)矿山,微震事件信息

收稿日期:2019-04-03;责任编辑:王晓珍

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFC0804203)

作者简介:韩军(1980—),男,内蒙古临河人,教授,博士生导师,博士。E-mail:hanj_lntu@163.com.

量大、模式复杂,并且与矿井开采活动密切相关,将矿山地质信息、采掘工程活动和微震数据进行三维可视化综合集成,为矿山深部微震活动及其与开采响应研究提供有效的手段,并成为采矿安全管理的一个有机组成部分,是矿山微震监测分析方面的关键问题和发展方向。

虚拟现实技术(VR)已被证明有利于开发三维矿山地质模型和矿山开采模型。早期采矿研究人员主要应用VR开发矿山安全培训系统^[1-4]。该类系统以模拟矿山生产环境和工艺为主,不涉及矿山生产的数据分析和决策。加拿大劳伦森大学采矿创新/地质力学研究中心(MIRARCO)率先提出了应用VR解决矿山开采中的复杂工程问题,开发了沉浸式VR系统以增强微震监测数据展示和分析过程,从而评估微震数据并制定安全高效的采掘计划^[5-7]。Vasak等^[8]使用VR开发了采矿微震危险区划系统,在微震数据分析的基础上进行岩爆危险性评估。Mostafa等^[9]通过应用代理交互和空间输入设备来简化操作者在虚拟现实系统中的导航方式,解决了矿山3D空间导航和定向问题。TIBBETT等^[10]开发了崩落采矿法可视化模块,该模块将微震监测数据等集成于采矿工艺系统中,用以分析和指导采矿工作。SEYMOUR等^[11]提出了利用VR分析微震监测数据从而改进矿压控制工作的方案。ONSEL等^[12]展望了VR在岩石力学与工程方面的研究和应用范畴,其中包括了微震监测分析。谢嘉成等^[13]对国内外虚拟现实技术在煤矿虚拟场景仿真、虚拟现实监测监控、虚拟规划方法和“VR+AR”技术融合设计等应用领域进行了回顾,剖析了其在应用中存在的困难和问题,明确提出了虚拟现实技术应整合多技术手段进行融合设计,并实施“四步走”战略。上述研究表明,VR正在迅速转变为数据分析的重要技术手段,以解决高度复杂的工程问题,特别是用于理解复杂的深部采矿动力学问题。我国在微震监测平台研发方面开展了大量研究和工程实践^[14-19],主要集中于如何根据微震监测数据进行冲击地压危险性的预测和预警,以传统的图形显示技术对结果进行展示,未涉及到VR技术,无法为用户展现更为真实的采矿环境背景信息,也影响了数据分析和决策支持的效果。

为了改进目前采矿工程特别是煤矿开采领域微震监测分析系统的不足,笔者介绍了基于Unity3D虚拟现实引擎的微震监测分析虚拟现实系统。Unity3D是目前最热门的VR虚拟现实引擎,利用Unity3D引擎,结合三维模型自动生成算法和数据库

技术,开发将煤矿地质、采掘数据与微震监测数据以三维可视化的形式展现出来,工作人员可以更加直观清晰地看到微震的空间分布、能量特征,并与相关的地质信息和采矿信息相对应进行分析,从而增强微震信息对矿井采掘和冲击地压防治工作的支撑,为煤矿安全生产进行有效的指导。

1 Unity3D 平台

Unity3D 软件是 Unity Technologies 开发的多平台集成式虚拟现实开发引擎。Unity3D 是目前最热门的 VR 虚拟现实引擎。它整合了多种 DCC 文件格式,渲染底层支持 DirectX 和 OpenGL,支持 NVIDIAPhysX 物理引擎,可模拟包含刚体 & 柔体、关节物理、车辆物理等。引擎脚本编辑支持 Java、C#、Boo 三种脚本语言,可创造功能强大的交互内容。可视化脚本编辑语言 u 具有高度的友好界面、整合性高、功能强大、修改容易等特点,具有逼真的粒子系统和智能界面设计,可在 iOS、Android、Wii、Xbox360、PS3 多平台发布。Unity3D 为 VR 虚拟现实效果的实现提供了强大支持。

Unity3D 是目前顶级的虚拟现实引擎之一,与其表现力相当的引擎有 UnrealEngine 4、CryEngine 3,这 2 款引擎使用复杂,需要较高的 C++ 基础,对使用者要求较高,因而使用 Unity3D 开虚拟仿真系统是表现力好且最为有效开发方式。

2 微震监测虚拟现实系统开发流程

微震监测虚拟现实系统主要包括能够显示信息结果的软件部分和能够输入数据、存储数据、调用数据的数据库部分。开发流程包括建立模型、编写脚本添加功能、建立和连接数据库,如图 1 所示。

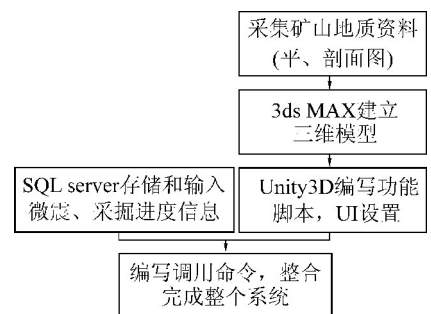


图1 系统开发技术路线

Fig.1 Technical route of system development

1)模型建立。该项工作是整个系统开发的基础,主要根据地质测量数据和采掘工程数据,在Unity3D引擎中,通过插值算法,定距离取样,生产规则 GRID 点阵列,进而生成规则 MESH 模型(图 2),

最后逐单元为 MESH 增设高度,生成标准单元化地质模型(图 3)。标准单元化地质模型比常规的 Delaunay 法建立的三角面模型更加容易控制,可为每个单元制作隐藏开关,方便模拟开采过程。本研究中三维地质模型,主要利用研究区域的地质平剖面图、钻孔柱状图、地质编录等数据真实还原研究区域的地层、构造、采场形态。模型建立之后,通过编写对应的 shader 来对三维模型添加材质,使三维模型可以高度还原研究区域的信息。

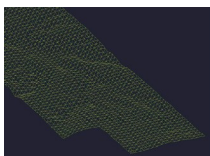


图 2 规则 MESH 模型

Fig.2 Regular mesh model

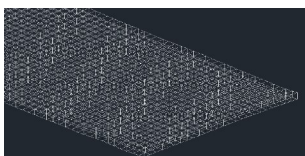


图 3 标准单元化煤层模型

Fig.3 Standard unit coal seam model

2) 编写脚本。信息集成与查询。对外部数据如结构面摄影测量、钻孔摄像和孔内雷达等多元勘探数据的三维重构。对重构后的三维模型,集成到虚拟现实系统之中。建立搜集数据的数据库,通过虚拟现实平台模型与数据库 ADO 接口,将模型与数据库进行连接。

3) 数据库的建立与连接。使用 SQL Server 建立采掘工程数据、微震监测数据库的管理。SQL Server 具有非常良好的图形化用户界面和丰富的编程接口工具。利用 SQL Server 软件建立数据库存储数据,编写调用数据的脚本,使系统可以在数据库中自由调取所需要的采掘数据、微震监测数据,将数据库整合到系统当中,完善整个系统。

4) 交互控制系统。通过虚拟现实系统自带脚本语言,利用鼠标键盘、体感交互设备、智能手机触摸板等方式实现数据馈送与交互控制,如模型的显示与隐藏、动画播放、虚拟漫游和属性查询。

3 微震监测虚拟现实系统开发实例

3.1 矿井概况

义马煤田位于河南省西部义马市、渑池县境内,目前分布有千秋、常村、跃进、杨村、耿村 5 对生产矿井,深受冲击地压灾害威胁。目前各矿井都建设有微震监测系统。前人对大型地质体控制下多工作面

开采微震进行了大量研究,但是多集中在同一矿井内的采区(盘区)尺度^[20],基于国家重点研发计划《煤矿深部开采煤岩动力灾害防控技术研究》中的课题“大型地质体控制型矿井群冲击地压协同防控方法与技术”,从矿井群的角度开展工作,研究区域位于义马煤田东部的跃进和常村煤矿(图 4),其中跃进井田面积约 22.3 km²,常村井田面积 13.1 km²。

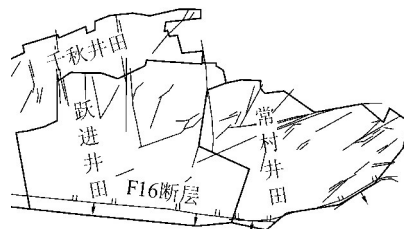


图 4 矿井位置

Fig.4 Location of mines

3.2 研究区域地层模型的建立

研究区域内含煤地层主要位于中侏罗统义马组,主要分为 2-1 煤层和 2-3 煤层,在跃进井田南部和常村井田西南部有局部合并。上部发育有中侏罗统马凹组 and 上侏罗统地层,主要是巨厚的砾岩,在义马煤田普遍发育。上侏罗统地层之上发育是白垩系砾岩,主要发育于义马向斜核部区域,在研究区内主要见于跃进井田南部、常村井田西南部。F16 断层是煤田内的主要构造,为一压扭型逆冲断层,北接千秋煤矿,向东延入跃进煤矿。

将矿井煤层底板等高线图、勘探线剖面图等导入 Unity3D 引擎中,生成模型框架,再根据实测钻孔柱状图等资料进行比对校正。模型框架建立完成之后进行贴图。贴图是物体材质表面的纹理,利用贴图可以在不增加模型复杂程度的基础上就表现出模型的细节,比如岩层的岩性、沉积的层理等,增加模型的质感,使模型观感更加真实。编写合适的 Shader,形成材质对模型进行渲染,根据需要调节灯光,再根据实际坐标校正出模型的坐标,最终完成了地层模型的建立(图 5)。

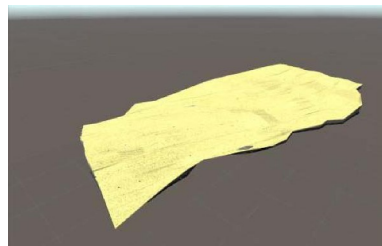


图 5 Unity3D 渲染之后的模型

Fig.5 Rendered model in Unity3D

3.3 系统功能的实现

1) 基本操作。系统 UI 包括岩层隐藏/显示、岩

层透明度调节、工作面选择、全局视图以及查询栏(图6)。按住鼠标右键,同时移动鼠标可以对模型进行转动;横移鼠标,模型会水平转动;纵移鼠标,模型会垂直旋转。可以根据需要对地层进行显示或者隐藏,也可以利用透明度调节功能来调节透明度,分为10个档位。点击不同的工作面编号,可以切换到对应的工作面视角,点击全局视图,可以再切换回整体的视角。滑动鼠标滚轮可以进行有限度的视角拉近/远离。

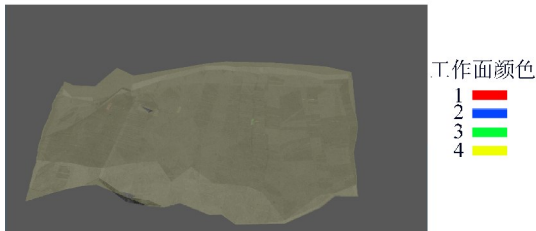


图6 系统界面

Fig.6 User interface of the system

2) 动画模拟演示功能。系统可以根据需要,利用3D动画的效果演示出指定的一段时间内工作面回采情况和微震事件发生情况。输入一个日期,会演示出当天的各个工作面的回采进度和发生的微震事件;工作面已经被采完的部分会被隐藏,微震事件会以不同颜色的球体具象化地表现出来。本系统按照微震事件发生时所释放的能量大小将微震事件分为6类,分别是小于 10^3 、 $10^3 \sim 10^4$ 、 $10^4 \sim 10^5$ 、 $10^5 \sim 10^6$ 、 $10^6 \sim 10^7$ 、大于 10^7 J,分别对应的球体颜色为绿色、黄色、橙色、蓝色、红色、黑色(图7)。输入2个日期,会以动画的形式动态地演示出2个日期之间工作面的回采情况和微震事件发生以及随着时间推移而发生的渐变过程。

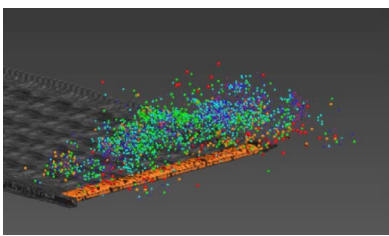


图7 工作面相关微震点显示

Fig.7 Microseismic mevents in panel

3) 数据信息存储、查询、统计、分析功能。将微震事件的坐标和能量数据存储在SQL Server建立的数据库当中,系统是数据库相连接的,通过数据库调用数据。系统设定每5 s扫描一次数据库,如果有新的数据被添加进入数据库,可以完成数据的实时更新。输入指定的日期,可以查询到当日的回采

进度和微震事件发生情况,点击代表微震事件的球体,会显示出微震事件的基本信息:微震事件发生的时间(精确到秒)、空间坐标(x, y, z)以及所释放的能量。如果输入2个日期,就可以查询到这2个日期之间的微震事件日发生总数量、日总能量数的统计结果,并且自动生成指定工作面的统计结果折线图。根据微震事件发生的频次和日总能量数的大小等微震数据自动分析出指定工作面的冲击危险性评价,并用不同颜色的闪烁光表示出该工作面的各段巷道的冲击危险性评价结果:绿色—无冲击危险;黄色—弱冲击危险;浅蓝色—中等冲击危险;鲜红色—强冲击危险。该功能主要是为了直观地展示一段时间内微震的发生、变化活动趋势,并且按照科学的方法对冲击危险性做出评价,指导工作面后续的安全生产。

4 结论与展望

1) 虚拟现实技术的应用克服了以往微震监测数据分析的抽象性,微震监测虚拟现实系统将微震数据具象化,并且直观地展现出来,使调用微震数据、分析微震显现规律及其与地质、采掘的关系更加直观。

2) 该系统目前处于初级阶段,主要分析微震监测数据,下一步需将地球物理探测、数值计算、应力监测等数据进行融合,结合相应的判别方法来确定潜在的冲击地压危险区域,从而为矿山冲击地压防治提供具体的指导。

3) 构建探测数据三维可视化及重构的数据融合处理方法是煤炭智能开采、精准开采的重要研究内容之一,VR技术的作用是数据集成和可视化平台,它不是要取代建模工具,而是要补充分析能力并促进更高层次的决策。当监测数据与地质模型及采掘工程活动等多个模型相结合时,可以实现其真正的价值。

参考文献(References):

- [1] BIASE C J.Virtual reality:emerging technology for training of miners [J].Mining Engineering,1997,49(1):37-41.
- [2] DENBY B,SCHOFIELD D.Advanced computer techniques:developments for the minerals industry towards the new millennium [C]//In Proc Mining Sci & Tech,1999:635-644.
- [3] DENBY B,SCHOFIELD D.Role of virtual reality in safety training of mine personnel[J].Mining Engineering,1999,51:59-64.
- [4] SCHOFIELD D.Improving safety through virtual learning:transferring good practice from other industries [C]//Proceedings of Reducing Hazards on Operational Processes of Machines and Equipment Conference,2005.

- [5] KAISER P K, HENNING J G, COTESTA L, *et al.* Innovations in mine planning and design utilizing collaborative immersive virtual reality (CIRV) [C]//In: Proceedings of the 104th CIM Annual General Meeting, 2002: 1-7.
- [6] KAISER P K, VASAK P, SUORINENI F T. New dimensions in seismic data interpretation with 3-D virtual reality visualization for burst - prone mines [C]//In: Potvin Y, Hudyma M, Ed. Proceedings of Sixth International Symposium on Rockburst and Seismicity in Mines, 2005: 33-45.
- [7] 蔡 明, KAISER P K, COTESTA L, 等. 共通地质模型和虚拟现实在地下工程规划与设计中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(6): 1182-1189.
CAI Ming, KAISER P K, COTESTA L, *et al.* Planning and design of underground engineering utilizing common earth model and immersive virtual reality [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006, 25(6): 1182-1189.
- [8] VASAK P, DASYS A. Research to reality: Application of mining-induced seismic hazard maps [C]//In: Diederichs M, Grasselli G, Ed. ROCKENG09: Proceedings of the 3rd CANUS Rock Mechanics Symposium, Toronto, 2009: 1-10.
- [9] MOSTAFA A E, GREENBERG S, BRAZIL EV, *et al.* Interacting with microseismic visualizations [C]//In: CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2013, 1749-1754.
- [10] TIBBETT J D, SUORINENI F T, HEBBLEWHITE B K. The use of virtual reality scientific visualisation for investigation and exploration of block cave mining system data [C]//In: Proceedings of the Virtual Reality and Spatial Information Applications in the Mining Industry Conference, 2015, 1-11.
- [11] SEYMOUR J, BENTON D J, RAFFALDI M, *et al.* Improving ground control safety in deep vein mines [C]. In: 3rd International Symposium on Mine Safety Science and Engineering, 2016: 71-77.
- [12] ONSEL I E, DONATI D, STEAD D, *et al.* Applications of virtual and mixed reality in rock engineering [C]//In: 52nd US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium. American Rock Mechanics Association, Washington, USA, 2018.
- [13] 谢嘉成, 王学文, 李 祥, 等. 虚拟现实技术在煤矿领域的研究现状及展望[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(3): 53-59.
XIE Jiacheng, WANG Xuewen, LI Xiang, *et al.* Research status and prospect of virtual reality technology in field of coal mine [J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(3): 53-59.
- [14] 王运森. 开采过程多源信息融合与集成分析技术研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2013.
- [15] 夏永学. 矿山微震三维显示及应用软件的开发[J]. 煤炭技术, 2014, 33(12): 111-112.
XIA Yongxue. Development of 3D and application software for mine microseismic [J]. Coal Technology, 2014, 33(12): 111-112.
- [16] 李 洋. 基于微震监测技术的张马屯铁矿采场稳定性虚拟现实系统[D]. 沈阳: 东北大学, 2015.
- [17] 姜福兴, 杨光宇, 魏全德, 等. 煤矿复合动力灾害危险性实时预警平台研究与展望[J]. 煤炭学报, 2018, 43(2): 333-339.
JIANG Fuxing, YANG Guangyu, WEI Quande, *et al.* Study and prospect on coal mine composite dynamic disaster real-time pre-warning platform [J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(2): 333-339.
- [18] 袁 亮, 姜耀东, 何学秋, 等. 煤矿典型动力灾害风险精准判识及监控预警关键技术研究进展[J]. 煤炭学报, 2018, 43(2): 306-318.
YUAN Liang, JIANG Yaodong, HE Xueqiu, *et al.* Research progress of precise risk accurate identification and monitoring early warning on typical dynamic disasters in coal mine [J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(2): 306-318.
- [19] 姜福兴, 曲效成, 王颜亮, 等. 基于云计算的煤矿冲击地压监控预警技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(1): 199-206, 244.
JIANG Fuxing, QU Xiaocheng, WANG Yanliang, *et al.* Study on monitoring & control and early warning technology of mine pressure bump based on cloud computing [J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(1): 199-206, 244.
- [20] 齐庆新, 李一哲, 赵善坤, 等. 矿井群冲击地压发生机理与控制技术探讨[J]. 煤炭学报, 2019, 44(1): 141-150.
QI Qingxin, LI Yizhe, ZHAO Shankun, *et al.* Discussion on the mechanism and control of coal bump among mine group [J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(1): 141-150.