

技术方法

基于三维 GIS 的济南市矿山地质环境 航测调查管理系统设计与实现

李浩

(山东省国土测绘院, 山东 济南 250102)

摘要:随着矿产资源大规模的开发利用,加剧了地质环境的不断恶化,矿山地质环境保护迫在眉睫,传统的矿山地质环境调查技术已经显得乏力。该文以济南市矿山地质环境航测调查为例,提出了基于三维 GIS 的矿山地质环境调查方法,利用三维 GIS 的高性能空间数据引擎、直观的可视化技术和强大的空间分析能力,整合济南市高分辨率的航空影像数据、DEM 数据、倾斜摄影数据和历年的监测图斑数据,重建航测调查区真实的三维地貌。结合矿山开采信息,进行航测调查区矿山开采现状图斑的提取及拓扑处理,查明矿山地质环境破坏、地质灾害隐患情况,有效监测矿山地质环境,加强重点矿山开采区的监测与管理,推动济南市矿山地质环境保护工作。

关键词:三维地理信息系统;倾斜摄影;数字高程模型;空间分析;矿山地质环境;动态监测;济南市

中图分类号:P208

文献标识码:B

引文格式:李浩.基于三维 GIS 的济南市矿山地质环境航测调查管理系统设计与实现[J].山东国土资源,2017,33(12):60-64.LI Hao. Design and Implementation of Photogrammetry Investigation System of Mine Environment Based on 3D GIS in Jinan City[J].Shandong Land and Resources, 2017,33(12):60-64.

0 引言

济南市位于山东省中部,南依泰山,北跨黄河,地处鲁中低山丘陵与鲁西北冲积平原的交接带上,地形南高北低,变化显著。截至 2016 年底,全市已发现矿产 45 种(含亚矿种),矿产地 296 处,能源矿产 5 种,金属矿产 10 种,非金属矿产 28 种,水气矿产 2 种,其中,全国重要矿产有煤、铁、铜、地热、矿泉水、石油、天然气等 13 种。济南市虽然矿产资源丰富,但矿山企业规模化、集约化水平较低,尤其是建筑用石料等矿产,大矿小开、一矿多开等问题较为突出;资源利用率较低,破坏浪费资源的现象比较严重;矿山地质环境问题较突出,采矿造成的土地、植被、山体破坏和水、土污染比较严重,地面塌陷、滑坡、泥(渣)石流等次生地质灾害时有发生,矿山环境恢复治理力度需进一步加强;资源管理工作有待完善,矿山企业破坏浪费矿产资源缺乏强有力的法律制约手段,矿政管理技术力量薄弱,缺乏专业技术人

员,难以适应矿产开发监督管理工作的需要^[1-2]。

依据国土资源部 2014 年 4 月 29 日发布,7 月 1 日起施行的《地质环境监测管理办法》,如何有效监测矿山地质环境,特别是加强重点矿山开采区的监测管理,是济南市国土资源管理部门亟待解决的问题。2015 年 8 月,济南市国土资源局启动了济南矿山地质环境航测调查工作。基于三维 GIS 的高性能空间数据引擎、直观的可视化技术和强大的空间分析能力^[3-5],结合 SWDC-5 倾斜摄影测量技术,获取济南地表矿山重点航测调查区航空正射影像、数字高程模型及实景三维成果,进行航测调查区矿山开采现状图斑的提取及拓扑处理,查明矿山地质环境破坏、地质灾害隐患情况,有效的监测矿山地质环境,特别是加强重点矿山开采区的监测与管理,推动济南市矿山地质环境保护工作^[6-7]。

1 总体设计

济南市矿山地质环境航测调查系统以技术服务

收稿日期:2017-03-20;修订日期:2017-05-23;编辑:曹丽丽

作者简介:李浩(1984—),男,河南驻马店人,工程师,主要从事地理信息系统开发和国土资源信息化建设;E-mail:15863162135@qq.com

与支持体系和法律法规安全保障体系为基础,分为支撑体系、数据中心、业务系统层和用户层 4 个层次(图 1)。

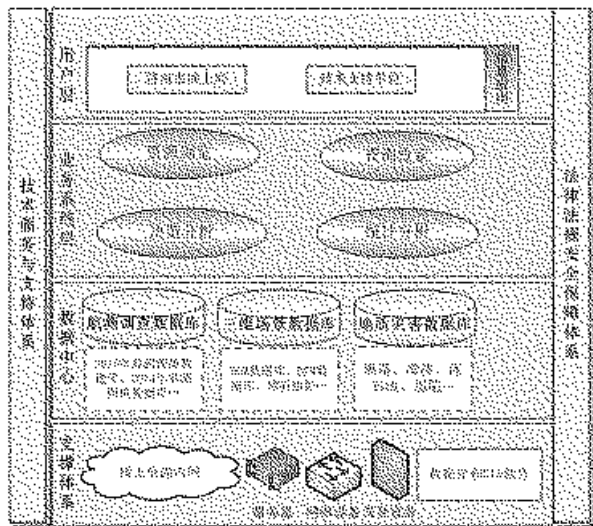


图 1 总体框架图

1.1 支撑体系

在网络层上,依托国土资源内网支撑系统运行,同时建设基础软硬件环境,包括服务器、防火墙、数据库和 GIS 软件等。

1.2 数据中心

系统集成历年航测调查数据库、三维场景数据库和地质灾害隐患数据库,依托数据库管理和 GIS 技术,按照统一的标准,建立矿山地质环境数据库的组织、管理、维护和更新体系。

1.3 业务系统层

系统通过国土资源内网实现信息共享,满足济南市国土资源局对辖区内矿山管理的需求,主要由资源浏览模块、查询检索模块、决策分析模块和统计分析模块组成。

1.4 用户层

系统主要服务于国土资源管理部门,包括技术支持单位和济南市国土资源局,技术支持单位通过技术手段实现信息的获取、数据处理及入库和系统功能开发,为济南市国土资源局查明矿山地质环境破坏、地质灾害隐患等情况提供了科学的管理模式,推动济南市矿山地质环境保护工作。

2 技术路线

采用运-5B 飞机,配备 SWDC-5 倾斜相机,获取矿山重点航测调查区航空影像,经过像控测量、空三加密,进行重点航测调查区 DEM 的制作^[8-10],然后经过影像几何纠正、镶嵌、匀光匀色、裁剪,制作重点航测调查区 DOM,并利用倾斜摄影测量技术进行重点航测调查区三维地貌真实重建,一般调查区采用 2016 年初卫星影像进行解译(图 2)^[11-14]。

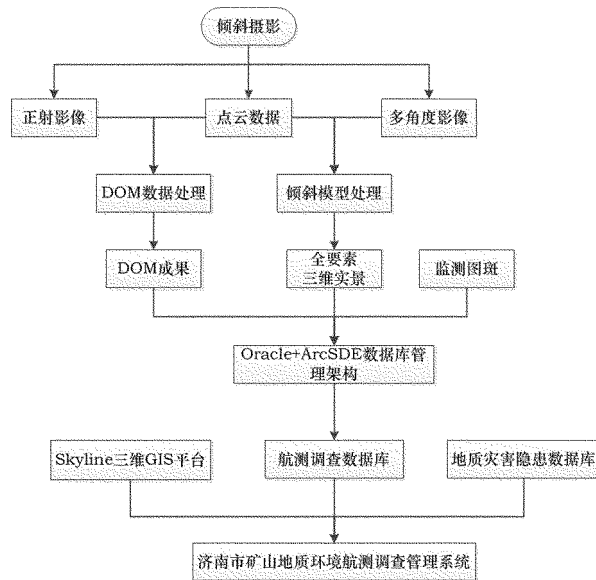


图 2 技术路线图

通过影像解译,结合历史矿山开采信息,进行矿山地质环境调查区 2008,2014,2015 年矿山开采现状图斑提取及拓扑处理,并进行 2015 年矿山信息地面调查,查明矿山地质环境破坏、地质灾害隐患等情况,制作 2015 年矿山地质环境航测调查数据库、破损和地质灾害隐患情况数据库,最后在 Skyline 平台下进行数据融合和属性挂接^[15-17],进行航测调查信息管理系统建设。

项目采用 B/S 架构,基于 JavaScript 和 Skyline 进行系统开发,数据库采用 Oracle 软件进行建库,系统开发运行环境如表 1 所示。

3 数据库设计

3.1 数据库环境设计

(1)空间坐标参考:采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000),高斯-克吕格投影,3°分带,1985 国家高程基准,DEM,DOM 分幅与编号按 GB/T 13989

- 2012 执行。

(2)数据库软件设计:矢量数据格式统一要求为 SHP 文件,数据共享采用符合 OGC 标准的 WMS 和 WFS 服务,统一采用 Oracle + ArcSDE 中进行存储管理。

表 1 系统环境

序号	名称	软件环境
1	开发环境	操作系统:Windows 7 64 位 软件:Visual Studio2010、HTML、JavaScript、AJAX、jQuery
2	数据库服务器	操作系统:Server2008 64 位 软件:Oracle 11gR2 企业版
3	应用服务器	操作系统:Server2008 64 位 Web 服务器:IIS7.0 软件:Skyline6.6、ArcGIS Server10.0、ArcSDE10.0
4	客户端	Internet Explorer8.0 及以上

3.2 航测调查数据库

通过获取的矿山地质环境调查区影像数据,结合历史矿山开采图斑资料,建立监测图斑数据库,包括 2015 年监测图斑数据库、2014 年监测图斑数据库、2008 年监测图斑数据库、2014—2015 矿山变化监测解译数据库和 2008—2014 矿山变化监测解译数据库,具体情况如表 2 所示:

表 2 历年调查成果(个 m²)

年份	图斑	未治理	损毁面积	已治理	治理面积
2015	2460	2198	47071639.3	262	5098047.94
2014	2077	2044	45079570.51	33	301199.01
2008	1901	1798	29975701.27	103	1628410.27
2014—2015	473	418	13885888.04	55	170437.88
2008—2014	506	397	13936977.92	109	148655.28

3.3 三维场景数据库

(1)DOM 数据库:2008 年全市 0.3 m 分辨率的

表 3 地质灾害调查内容与要求

地质灾害类型	调查内容	调查要求
崩塌	矿业活动直接产生或加剧的崩塌发生的时间、地点、规模、致灾程度、形成原因、处置情况等	高陡的矿山工业场地边坡、山区道路边坡、露天采矿场边坡、采空区山体边部等可能产生崩塌的危岩体特征、致灾范围、威胁对象、潜在危害及防治措施等
滑坡	矿业活动已造成的滑坡发生的时间、地点、规模、致灾程度、形成原因、处置情况等	高陡的矿山工业场地边坡、山区道路边坡、露天采矿场边坡、采空区山体边部、高陡废渣石堆及排土场等,可能产生滑坡的斜坡体特征、致灾范围、威胁对象、潜在危害程度及防治措施等
泥石流	矿业活动导致的泥石流的发生时间、地点、规模、致灾程度、触发因素、处置情况等	潜在泥石流物源的类型、规模、形态特征及占据行洪通道程度等,泥石流沟的沟谷形态特征,可能致灾范围、威胁对象、潜在危害程度及防治措施等
塌陷	矿山地面塌陷(地裂缝)的发生时间、地点、规模、形态特征、影响范围、危害对象、致灾程度、处置情况等	采空区的形成时间、地点、形态、范围、可能的影响范围、威胁对象、防治措施等

4.1 资源浏览模块

基于全市 DOM、DEM、倾斜摄影、监测图斑和

DMC 影像,2014 年全市 0.5 m 分辨率的卫星影像,2015 年重点调查区的 0.1 m 分辨率的航空影像,2016 年全市非重点调查区的 0.5 m 分辨率的卫星影像。

(2)DEM 数据库:2006 年—2010 年山东省国土资源厅组织完成了全省“十一五”1:1 万基础测绘地理信息数据库中的 5 m 格网的数字高程模型,2015 年重点调查区的 0.6 m 格网 1:1 000 数字高程模型。

(3)倾斜摄影模型数据库:9 大重点调查区 865 km² 的倾斜摄影数据。

3.4 地质灾害隐患数据库

主要从崩塌、滑坡、泥石流、塌陷等方面,对济南市地质灾害进行调查,具体情况如表 3 所示。

4 功能设计与实现

济南市矿山地质环境航测调查管理系统采用 B/S 架构,基于 JavaScript 和 Skyline 进行系统开发,把传统的矿山信息二维展现和管理模式转变成更加直观的三维展现和管理模式,将实景三维、DOM、DEM、属性信息等数据纳入一张图,便于矿山地质环境数据的维护更新。根据系统设计目标和用户需求,航测调查管理系统有四大功能模块组成:资源浏览模块、查询检索模块、决策分析模块和统计分析模块。系统主要通过国土资源内网实现信息共享,满足济南市国土资源局对辖区内矿山管理的需求。

地质灾害隐患等数据,实现资源的快速浏览,通过 JavaScript 调用 Skyline 的 API 开发了地图操作、水平距离量算、垂直距离量算、空间距离量算、面积量

算、图层管理、打印输出、快速定位等功能。

4.2 查询检索模块

整合全市的兴趣点(POI)信息、历年的监测图斑信息和地质灾害隐患点信息等,通过 Web Service 接口和 XML 交换数据格式实现了地名查询、专题查询、专题属性编辑和附件展示等功能。

(1)地名查询:用户可以输入济南市的单位名称、小区名称、旅游景点、商场、酒店等 POI 信息进行模糊查询,例如用户输入“龙奥大厦”,结果列表中就出现了带有“龙奥大厦”关键词的地名,单击查询结果进行定位。

(2)专题查询:用户通过设置图斑编号、所在县市、所属乡镇、地址、开采主矿种、开采方式、开采现状等条件,查询符合条件的历年的监测图斑信息和地质灾害隐患点信息,查询结果列表以分页形式显示,点击结果列表进行图斑定位,并能够显示图斑的详细信息(图 3)。

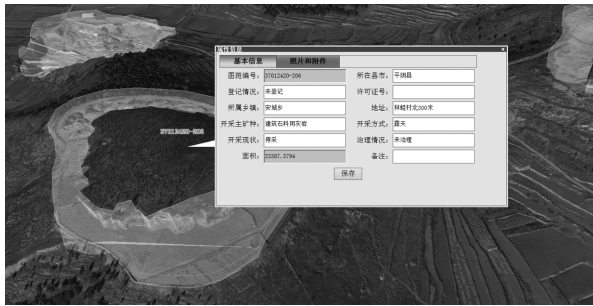


图 3 详细信息

(3)核查属性信息:图斑的登记情况、许可证号、地址、开采主矿种、开采方式、开采现状、治理情况、备注等详细信息,根据核查情况如果有误或者不全,需要修改和补充的,可以通过编辑页面进行修改,修改之后保存更新监测图斑数据库。

(4)现场核查:系统集成历年监测图斑的基本信息,以及监测图斑外业核查信息主要包括现场拍摄的多角度带有位置的照片和根据矿山破坏情况制定的综合治理方案等信息。

4.3 决策分析模块

基于三维 GIS 的高性能空间数据引擎、直观的可视化技术和强大的空间分析能力,调用 Skyline 二次开发接口实现了飞行路线、地图标绘和空间分析等。

(1)飞行路线:用户只需要在场景中设置路线、飞行速度、航高等参数,就能利用动态对象实现第一

人称或者第三人称的飞行模拟,完成对矿山周边环境从宏观到微观的准确掌握。

(2)地图标绘:实现了以点、线、面的形式在地图上进行标注,同时能够添加说明信息。

(3)空间分析:主要实现了剖面分析、淹没分析、挖填方分析、阴影分析、通视分析和动态视域分析等。例如剖面分析,在矿山附近选择两点进行剖面分析,生成的坡度图(图 4),在结果曲线上可以查询到每一点的高程及坡度信息,可以概括研究区域的地势、地质和水文特征,包括区域内的地貌形态、轮廓形状、绝对与相对高度、地质构造、斜坡特征、地表切割强度和侵蚀因素等。

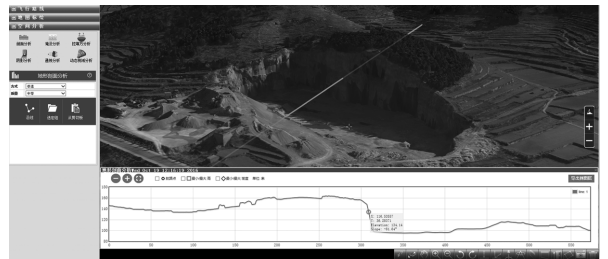


图 4 剖面分析

4.4 统计分析模块

针对 2015 年监测图斑、2014 年监测图斑、2008 年监测图斑、2014—2015 年监测图斑和 2008—2014 年监测图斑,通过 Highcharts 技术可以按照统计区域、治理情况、开采现状、面积大小来统计监测图斑在各个区域的面积分布或者个数分布,以柱状图或饼状图的形式展示,结果可以图表或者图片的形式导出(图 5)。

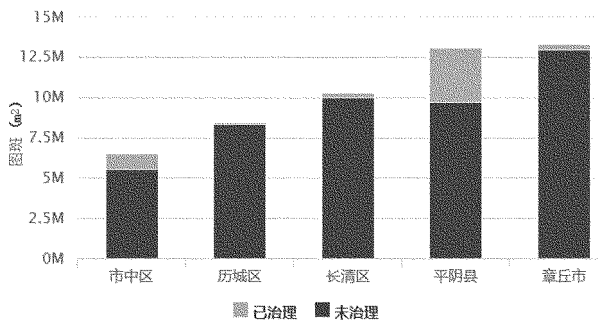


图 5 监测图斑分布情况

5 结论

(1)针对济南市矿山地质环境管理工作的实际应用需求,首次提出了基于三维 GIS 的济南市矿山

地质环境航测调查方法。

(2) 利用倾斜摄影技术实现矿山地质环境重点航测调查区的高精度多视角影像及数字高程模型 DEM 获取, 精度指标符合规范, 满足矿山地质环境航测调查需求, 并成功完成了 2008, 2014, 2015 年矿山地质环境解译、动态变化监测解译等工作, 查明了矿山地质环境破坏、地质灾害隐患情况。

(3) 利用三维 GIS 的高性能空间数据引擎、直观的可视化技术和强大的空间分析能力, 建立了实景三维矿山地质环境管理系统, 平台兼容性强, 信息多元化, 减轻了外业调查劳动强度, 为矿山地质环境有效监测提供了先进手段, 推进了济南市矿山地质环境的科学管理。

参考文献:

[1] 蒙永辉, 许燕, 王集宁, 等. 山东省矿山地质环境治理工作形势分析[J]. 山东国土资源, 2016, 32(9): 27-31.

[2] 韩景敏, 邵明, 秦品瑞. 山东省地质环境承载力现状及对策[J]. 山东国土资源, 2015, 31(3): 34-38.

[3] 刘征, 郑贵洲. 矿山三维 GIS 研究进展[J]. 地质科技情报, 2006, 25(4): 109-112.

[4] 郝延锦, 胡东宏, 杨可明. 矿山可视化技术关键问题探讨[J]. 东北测绘, 2000, 23(2): 19-20.

[5] 王雷鸣, 尹升华. GIS 在矿业系统中的应用现状与展望[J]. 金属矿山, 2015, (5): 122-128.

[6] 刘馨蕊, 陈永生, 张睿, 等. 矿区地上下三维信息模型构建算法与系统开发[J]. 东北大学学报, 2014, 35(4): 579-587.

[7] 吕磊, 单宝麟, 闫松. 基于三维 GIS 的地下电力管线管理系统的设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2016, 39(3): 95-98.

[8] 夏涛, 杨武年, 刘汉湖, 等. 利用 ASTER 立体像对提取相对 DEM 及正射影像地图制作[J]. 测绘科学, 2007, 32(3): 144-145.

[9] 高英杰, 潘剑君, 刘世峰. 1:10 000 大比例尺 DEM 的制作及其地学应用研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(2): 894-898.

[10] 王春波. 基于 DLG 二维数据的 DEM 精细化制作[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(11): 150-154.

[11] 唐艳. 利用航空摄影制作数字正射影像图(DOM)[J]. 价值工程, 2014, (16): 222-223.

[12] 周思怡, 熊勇. 基于无人机摄影测量空三加密技术在 1:1000 DOM 制作的应用[J]. 江西测绘, 2016, 107(1): 27-29.

[13] 陈洁, 杜磊, 肖春蕾, 等. POS 辅助机载 LiDAR 无地面控制点 DEM, DOM 制作[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(3): 50-53.

[14] 侯国瑞, 谢丽娟. 基于机载 LiDAR 数据制作数字正射影像的方法[J]. 山西科技, 2014, 29(5): 116-118.

[15] 白洪伟, 李志伟, 吴满意. 基于 Skyline 土地资源信息可视化系统研究[J]. 河北北方学院学报, 2016, 32(1): 18-23.

[16] 潘立, 张旭, 任东风. 基于 Skyline 的三维 GIS 构建与研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2016, 39(8): 90-93.

[17] 张露露, 陈宜金. 基于 Skyline 的数字矿山三维综合监测系统的应用研究[J]. 测绘信息与工程, 2011, 36(5): 34-39.

Design and Implementation of Photogrammetry Investigation System of Mine Environment Based on 3D GIS in Jinan City

LI Hao

(Shandong Mapping and Surveying Institute of Land and Resources, Shandong Jinan 250102, China)

Abstract: Accompanying with large scale development and utilization of mineral resources, geological environment has been becoming more and more worse. Geological environmental protection of mines is very urgent. But the traditional technology for surveying geological environment of mines has become weak. In this paper, setting geological survey of mines in Jinan city as an example, the method of geological environment investigation based on 3D GIS has been put forward. By using high-performance spatial data engine of 3D GIS technology, integrating intuitive visualization technology and powerful spatial analysis ability, the aerial image data, the DEM data, the tilted photographic data and the monitoring plots data over the years, real 3D geomorphology of the aerial survey area has been reconstructed. Combining with mining information, the extraction and topology processing of present condition of mineral exploration have been carried out. It will identify the condition of geological environment damage and geological hazards effectively, monitor geological environment of mines, strengthen the monitoring and management of key mining areas, and promote geological environment protection in Jinan city.

Key words: 3D GIS; oblique photography; DEM; spatial analysis; dynamic monitoring; geological environment of mines; Jinan city