

# 基于 GIS 数字测绘技术在矿山地质测绘中的应用

彭为学 吴姝涵\* 汪洋 田成

湖北省地质调查院

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1727

**[摘要]** 在科技迅速发展的时代背景下, GIS数字测绘技术已广泛应用于各个领域, 特别是在矿山地质测绘领域。本研究探讨了GIS数字测绘技术在矿山勘查三个方面的应用, 即矿山资源勘探评估、矿山信息管理与决策支持系统、矿山运营环境管理与地质灾害监测预警, 基于GIS数字测绘技术其高效、精准的特点, 进一步研究在矿山地质测绘中的优势地位, 并展望未来在矿业开发中的新技术、新方法。

**[关键词]** GIS数字测绘技术; 矿山地质测绘; 应用

中图分类号: P641.71 文献标识码: A

## Review of the Application of GIS Digital Surveying and Mapping Technology in Mine Geological Survey

Weixue Peng Shuhan Wu\* Yang Wang Cheng Tian

Hubei Provincial Geological Survey

**[Abstract]** In the context of the rapid development of science and technology, GIS digital surveying and mapping technology has been widely used in various fields, especially in the field of mine geological surveying and mapping. Based on the characteristics of GIS digital surveying and mapping technology in mine exploration, this study further studies the dominant position in mine geological surveying and mapping, and looks forward to new technologies and methods in mining development in the future.

**[Key words]** GIS digital mapping technology; Mine geological survey; application

### 引言

矿山地质测绘是矿山勘探、设计、开采和管理的基础和前提。通过准确的地质测绘, 可以对矿区的地形地貌、地质构造、矿体赋存状态等进行详细的了解和分析, 从而为矿山的设计、规划和开采提供科学的依据<sup>[1,2]</sup>。地质测绘的准确性直接影响到资源的合理评估、开采计划的制定, 以及矿山安全生产的保障<sup>[1,2]</sup>。此外, 还能够指导和优化矿山的开采方式, 降低矿山对环境的损害程度, 实现矿山的可持续发展<sup>[3]</sup>, 它涵盖了从地球表面数据的获取, 到信息处理与管理, 再到空间数据分析和显示的全过程<sup>[4]</sup>。

在矿业领域, 尽管GIS已被广泛应用于矿业开发, 但在以下几个方面的应用却没有受到足够关注: 矿山资源勘探评估, 矿山地质信息管理与决策支持系统, 和矿山运营环境管理与地质灾害监测预警。因此, 本研究的目的是调查、分析和展望GIS在这些领域的应用。

### 1 矿山资源勘探评估

GIS数字测绘技术在矿山资源的勘探和评估中发挥了重要作用<sup>[1,5,6,7]</sup>。例如通过遥感和GPS等技术, 可以迅速获取矿区的地形、水文、构造等基础数据, 再与地质要素的叠加能够形成直观明了的地质图和模型。Uygucgil和Konuk<sup>[8]</sup>将地统计学与GIS能力整合在一起, 使用基于GIS的视觉和交互式分析来研究矿山勘

探区域的数据与集成空间数据库中的总数据之间的关系, 并且使用三个变量的估算方法, 这种估算方法比两个变量的估算方法的准确性更高, 从额外的辅助变量获得的额外信息提高了矿山数据估算的准确性; Hosseinali和Alesheikh<sup>[9]</sup>确定并分类了在矿山勘探过程中使用的加权方法, 分别是数据驱动和知识驱动两种加权方法, 并且鉴别和科学评估了六种加权方法, 即比率估算、分层分析过程(AHP)、德尔菲法、证据权重、Logistic回归和人工神经网络(ANNs); Kim等人<sup>[10]</sup>开发了一种新的异常值截尾方法, 以量化具有统计显著性的数据, 现有的顶截底切方法可能会通过排除重要数据而导致错误, 而Kim等人的研究中开发的新方法可以最小化数据的损失并分析具有统计显著性的异常值。综合GIS交互式数据分析和加权方法, 湖北黄石某矿山在矿石储量估算阶段, 来识别和评估埋藏在地下的矿床位置、大小和几何形状(图1)。

### 2 矿山信息管理与决策支持系统

在矿山信息管理方面GIS数字测绘技术具有显著优势和广泛应用, 如有效地把矿体分布、地质构造、岩石类型、矿石品位等地质信息整合、存储和管理在统一的GIS平台中。Banerjee等人<sup>[11]</sup>开发了一个矿山GIS系统, 该系统通过整个矿山的分布式桌面应用程序进行操作, 用于活动矿山数据分析和管理的, 系统

中有三种使用级别: (1) 操作员可以生成和检索地理参考信息、矿山和土木地图以及员工和设备数据库; (2) 用户可以将基本地图转换为数字格式, 并生成地图要素和主题地图; (3) 高管可以通过地图查询分析矿业活动, 做出有关矿山运营优化的决策; 顾等人<sup>[12]</sup>提出了一个动态矿石混合管理系统, 用于有效监测矿山生产和铲车调度。并且构建了空间数据库, 包括孔的坐标数据、渣堆边界、孔的矿石品位和铲车数据, 矿石品位的等值线和每个铲车的位置。通过基于GPS和GPRS的矿石称重和卡车调度系统, 调度员可以实时分析矿石的产量和平均品位, 并根据每日矿石混合计划调度铲车和卡车, 控制矿石生产率。图2为湖北某三稀金属矿山建立的系统GIS数据库, 这不仅有助于保持信息的完整性和一致性, 也方便了数据的快速查询和检索, 还支持矿山信息的共享, 为多学科、多部门之间的合作提供了便利。

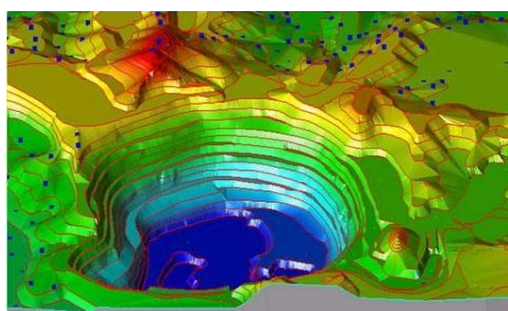


图1 湖北某矿山GIS数字测绘技术模型



图2 湖北某矿山GIS地质信息管理系统

### 3 矿山运营环境管理与地质灾害监测预警

关于矿山运营环境管理, GIS应用主要在以下方面: 预测爆破振动和粉尘影响, 露天矿斜坡稳定性评估, 以及矿区组成的分析。李等人<sup>[13]</sup>开发了一个评价环境系统, 通过使用范围界定和技术评估来解决环境影响评价的主要任务, 例如环境影响分析、污染物影响预测; Francioni等人<sup>[14]</sup>提出了一种新方法, 使用简单的运动学分析技术, 并结合基于三维有限差分法的应力模型, 进行边坡确定性稳定性分析, 有助于克服运动学边坡分析中常见的复杂边坡几何问题。除了监测, 在灾害预警方面也发挥作用。吴等人<sup>[15]</sup>提出了一种基于GIS和人工神经网络(ANN)的耦合技术, 用于评估受地貌和煤矿区域地质结构控制的涌水脆弱性;

苗等人使用ERS和Envisat图像进行差分雷达干涉测量(DInSAR), 监测中国河北唐山矿山塌陷的可行性, 并且使用GIS工具分析和验证了DInSAR的结果, 分析得出, 唐山地区在1990年代塌陷较为严重, 并测得了由此导致的位移。

综上, 基于GIS的空间分析和模拟功能, 可以预测灾害可能的发展趋势和影响范围, 及时发布预警信息, 为防灾减灾决策提供依据(图3), 有助于保障矿山的安全生产和周边环境的稳定。

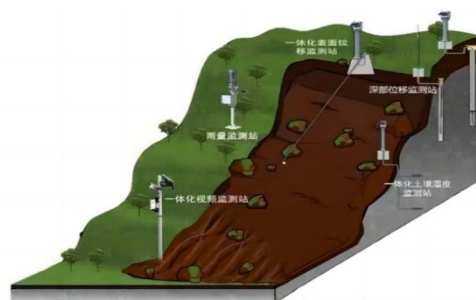


图3 矿山地质灾害监测与预警系统

### 4 GIS数字测绘技术在矿山地质测绘中的优势分析

4.1 提高测量精度。基于GIS数字测绘技术的矿山地质测绘显著提高了测量的精度。通过采用先进的数据获取手段, 能够实现对地质目标的高精度定位和描述, 这种高效且精确的数据获取方式, 大幅提升了矿山地质测绘的起始质量, 为后续的数据处理和分析提供了准确的原始信息。通过运用各种先进的算法和模型, 还可以对获取的数据进行深入的处理和分析, 可以减少数据中的误差和浮动, 提高数据的准确性和可靠性, 例如在矿体几何建模中, 可以利用GIS技术对矿体模型进行优化, 更准确地呈现矿体的规模和形态。其次, 在矿山地质测绘中通常会涉及来自不同来源和类型的数据, 通过GIS技术可以实现这些数据的有效整合, 提高数据的利用率和测量的综合精度。再通过导出直观的图形和图表, 有效地进行数据的呈现和验证, 更好地检查和评估测量结果的准确性, 对可能存在的问题及时纠正。因此, 在数据获取、处理、整合和呈现等各个环节中显著提高了矿山地质测绘的整体精度, 确保了测量结果的可靠性和实用性。

4.2 有效矿山数据管理和快速矿场地调查。矿山数据主要包括钻孔、矿体、矿床、采矿界限和地下运输道路等具有空间特征的数据。因此, 在GIS环境中, 这些数据可以以地理、空间(位置信息)和属性(空间属性)数据格式进行有效存储、操作和处理。为此, 建立了各种用于钻孔数据、矿块模型、地下运输道路网络、地下环境属性和地下通风网络的GIS数据库框架, 从而实现地理参考、空间和属性数据格式的有效矿山数据管理。还可以利用遥感数据和各种类型的地图, 减少详细矿场地调查所需的时间和精力, 矿山调查员无需访问未开发、危险和有害的区域, 可以使用GIS在没有现场访问的情况下进行快速客观的矿山现场调查。

4.3 提升矿山生产力。GIS可用于支持矿山开发各个阶段的决策制定。例如, 使用空间3D查询工具进行矿石储量探测和估算<sup>[8]</sup>, 在露天矿边界可视化不确定性, 通过GIS技术, 与多个用

户共享数据和信息,以讨论在资源勘探、开采计划和安全监控等各个环节的最佳决策。在资源勘探阶段,能准确地描绘和分析矿区的地质结构,协助企业更精确地评估矿床的品位、规模和工业价值,为后续的勘查方案提供支撑的数据基础。在矿山的开采计划阶段,可以辅助制定更为合理和高效的开采方案,对矿区地形、地质条件、矿体分布和环境影响的综合分析,能够规划合理的开采顺序和方法,减少无效的挖掘和废弃物的产生,降低开采成本。最后,还能通过优化矿山勘查作业流程,减少因信息不对称或决策失误导致的资源浪费,进一步提高生产效率。

4.4加强灾害防治能力。GIS数字测绘技术对地质信息的详细收集、精确分析和实时监测,有助于预测和防范各种矿山地质灾害。在预防灾害方面,集成和分析各种地质参数,如岩层结构、裂缝分布和水文地质条件等,识别潜在的危险区域,为矿山的规划和开采提供科学依据。通过与气象、水文等其他相关数据的结合,更全面地评估矿区的灾害风险,提前做好预警和预防措施,及时发现异常现象,快速做出响应,减少灾害造成的损失,例如可以通过设置地灾监测点,收集地面变形、裂缝扩展等数据,实时监控矿区的地质稳定性。在灾后救援和恢复方面,快速获取灾害区域的详细信息,为救援队伍提供准确的路线和策略,提高救援效率,同时还可以辅助评估灾害的影响范围、程度和经济损失,为后续的恢复和重建工作提供参考。

## 5 结论和展望

实践证明,基于GIS数字测绘技术的地质测绘能够显著为矿山生产和管理提供更全面、更实用的数据支持。以GIS技术为主要工具的矿产资源开发和地质灾害预测展示出广阔的应用前景,已被国内外越来越多的地质工作者所重视。随着GIS数字测绘技术和AI数据大模型的发展以及二者的结合运用,将为新一轮找矿突破战略行动提供思维方向:

(1)人工智能(AI)、机器学习(ML)和传感器技术的有效结合:伴随高性能计算和数据处理能力的引入,GIS技术在不同应用领域中开辟了与地理空间技术相结合的新维度。(2)对空间背景的需求日益增长:在建模系统中增加空间背景的需求日益增长,这在以前曾被抽象化或忽略。(3)演变为决策支持系统(DSS):GIS最初作为支持决策的工具,正在演变为带有空间能力的决策支持系统(DSS),促进高级决策制定。(4)提高空间和非空间数据的可用性:不同尺度、分辨率和格式的空间和非空间数据具有广泛的可用性,在融入时间、人类和其他维度的背景参数后,能够使GIS系统进行复杂分析、建模、评估和评价。(5)引入基于GIS的矿山安全管理系统的空间和属性数据库,考虑数据包帧(例如设备检测时间,检测设备的ID),开发算法,并以矩阵格式生成输入数据。

## 【参考文献】

- [1]孙鹏.矿山地质测绘中数字化测绘运用及技术分析[J].中国金属通报,2022(08):183-185.
- [2]王子赫,屈怡宏.地质测量在矿产资源开采中的作用分析[J].世界有色金属,2022(17):25-27.

[3]高成雷.新型数字测绘技术在矿山地质工程测量中的应用[J].大众标准化,2022(10):196-198.

[4]Chang,K.-T.Introduction to Geographic Information Systems, 5th ed., McGraw-Hill higher education: New York City, NY,USA,2010,1-448.

[5]甘承萍.探析矿山地质测绘中GIS数字测绘技术的有效应用[J].中国锰业,2018(02):13-16.

[6]张连贵,梁广泉.测绘新技术的发展及其在矿山测量中的应用研究[J].地矿测绘,1999(02):44-46.

[7]苏强强.空间信息系统在煤矿地质测量的关键技术探究[J].矿业装备,2020(3):44-45.

[8]Uygucgil,H.,Konuk,A.Reserve estimation in multivariate mineral deposits using geostatistics and GIS. J. Min. Sci. 2015, 51,993-1000.

[9]Hosseinali,F.,Alesheikh,A.A.Weighting Spatial Information in GIS for Copper Mining Exploration. Am. J. Appl. Sci. 2008, 5,1187-1198.

[10] Kim, S.M., Choi, Y., Park, H.D. New Outlier Top-Cut Method for Mineral Resource Estimation via 3D Hot Spot Analysis of Borehole Data. Minerals 2018,8,348.

[11] Banerjee, T.K., Roy, S., Dey, S. A GIS Solution for an Integrated Underground Coal Mine Management: A Conceptual Framework. J. Manag. Policies Pract. 2014,2,129-143.

[12]Gu,Q.,Lu,C.,Guo,J., Jing, S. Dynamic management system of ore blending in an open pit mine based on GIS/GPS/GPRS. Min.Sci.Technol.2010,20,132-137.

[13]Li,S.,Dowd,P.A., Birch,W.J. Application of a knowledge- and geographical information-based system to the environmental impact assessment of an opencast coal mining project. Int. J. Surf. Min.,Reclam. Environ.2000,14,277-294.

[14]Francioni, M., Salvini, R., Stead, D., Giovannini, R., Riccucci,S.,Vanneschi,C.,Gullì,D.An integrated remote sensing-GIS approach for the analysis of an open pit in the Carrara marble district, Italy: Slope stability assessment through kinematic and numerical methods. Comput. Geotech. 2015, 67, 46-63.

[15]Wu, Q., Xu, H., Pang, W. GIS and ANN coupling model: An innovative approach to evaluate vulnerability of karst water inrush in coalmines of north China. Environ. Geol. 2008, 54, 937 - 943.

## 作者简介:

彭为学(1990--),男,汉族,湖北天门人,本科,工程师,从事基于GIS地质测绘与矿山安全研究。

## 通讯作者:

吴姝涵(1995--),女,汉族,湖北红安人,硕士研究生,助理工程师,从事GIS信息与水工环技术。