

地理信息系统在矿产地质工程中的应用

张冰

山东省地质测绘院

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2053

[摘要] 地理信息系统(GIS)作为集多学科前沿技术于一体的空间信息处理系统,在矿产地质工程领域发挥着举足轻重的作用。凭借其强大的空间分析、数据管理及可视化能力,GIS贯穿于矿产地质工程从前期勘查、中期开采到后期环境监测的全流程。本文深入剖析GIS在各环节的应用原理与显著优势,创新性地提出一系列契合行业发展趋势的应用策略,旨在最大化发挥GIS效能,提升矿产地质工程作业效率与决策科学性,推动行业朝着智能化、绿色化方向迈进,为矿产资源的可持续开发利用筑牢技术根基。

[关键词] 地理信息系统; 矿产地质工程; 应用

中图分类号: K9 文献标识码: A

Application of geographic information system in Mineral geological engineering

Bing Zhang

Shandong Geological Surveying and Mapping Institute

[Abstract] Geographic information system (GIS), as a spatial information processing system integrating multi-disciplinary frontier technology, plays a pivotal role in the field of mineral geological engineering. With its strong spatial analysis, data management and visualization capabilities, GIS runs through the whole process of mineral geological engineering from early exploration, middle mining to later environmental monitoring. This paper deeply analyzes the application principle of GIS in each link and significant advantages, innovatively put forward a series of fit industry development trend of application strategy, aims to maximize the play efficiency of GIS, improve mineral geological engineering efficiency and decision-making scientific, promote industry in the direction of intelligent, green, for the sustainable development and utilization of mineral resources build a technical foundation.

[Key words] geographic information system; mineral geological engineering; application

在全球矿产资源需求持续增长的背景下,矿产地质工程面临着高效开发资源与严格环境保护的双重挑战。精准获取地质信息、科学规划工程作业流程成为行业发展的关键。地理信息系统通过直观的可视化展示与深度空间分析,为矿产地质工程提供了全面、精准的信息支撑,在提升资源勘查成功率、优化矿山开采方案、强化矿山环境监测等方面展现出巨大潜力,正逐步成为推动矿产地质工程技术革新与可持续发展的核心驱动力。

1 地理信息系统核心技术与功能解析

地理信息系统是融合计算机科学、地理学、测绘学、统计学等多学科知识的前沿技术体系。其核心在于以地理空间数据库为基石,借助先进的数据采集手段,将地质测绘、地球物理勘探、地球化学分析等多源数据精准录入。数据存储采用高效的结构化与非结构化存储方式,确保数据的安全与快速调用。在数据管理方面,通过完善的数据库管理系统,实现对海量数据的有序组织、更新与维护。

GIS的空间分析功能堪称其“灵魂”。矢量数据模型通过精确的坐标系统,清晰界定地质体的边界、形态与空间位置,适用于表达断层、矿脉等离散的地质对象;栅格数据模型则以规则的网格单元记录地质现象的连续分布,如地层厚度、岩石物理属性等。叠加分析可将不同图层的地质信息融合,挖掘要素间的内在联系;缓冲区分析能确定特定地质对象周边的影响范围;网络分析则针对线性地质构造或运输网络进行优化分析。这些功能为矿产地质研究提供了强大工具,助力从复杂数据中提取关键信息,为工程决策提供科学依据。据相关研究表明,运用GIS进行地质数据分析,可使数据处理效率提升30%-50%,极大缩短项目周期。

2 GIS在矿产地质工程中的关键应用

2.1 地质数据的集成与智能化管理

在矿产地质工程领域,数据来源广泛且繁杂,涵盖地质测绘、地球物理勘探、地球化学分析、遥感监测等多个方面,数据

格式多样,包括矢量数据、栅格数据、文本数据等。GIS凭借其强大的数据整合能力,构建起综合性地质数据库。通过标准化的数据接口协议,能够实现不同格式数据的无缝融合,消除数据孤岛现象。在数据深度分析层面,运用数据挖掘技术,基于关联规则挖掘、聚类分析等算法,对海量地质数据进行梳理,自动识别数据中的潜在模式,如特定地质构造与矿化异常之间的关联趋势,以及偏离正常范围的异常数据点。智能化的数据更新机制借助实时数据采集技术与物联网传输手段,一旦获取新的地质信息,便能即时更新数据库,确保数据的时效性与准确性。基于GIS搭建的地质数据管理系统,采用分布式架构与权限管理机制,支持多用户同时在线访问与协同操作,极大提升了数据共享与协同工作效率,为矿产地质工程从勘查设计到开采运营的全流程提供坚实、稳定、精准的数据基石。

2.2 精准高效的矿产资源勘查

GIS在矿产资源勘查环节处于核心地位,发挥着不可替代的关键作用。基于多元地质信息图层的叠加分析,将地质构造图层、地层岩性图层、地球物理场图层与地球化学异常图层等进行有机融合,运用地质统计学中的克里金插值法、变异函数分析等方法,对各图层数据进行量化分析,从而精确圈定潜在的矿产靶区。在对地质构造、地层岩性、地球物理场与地球化学异常等多元信息的综合研判过程中,深入探究地质体的空间展布特征、岩石的物理化学性质、地球物理场的异常响应以及地球化学元素的富集规律,通过建立逻辑推理模型,识别出有利于成矿的地质条件组合区域。利用GIS的空间建模功能,基于有限元分析、数值模拟等技术,构建矿产资源预测模型,模拟不同地质条件下的成矿过程,如热液运移、元素沉淀等,为勘查工作提供前瞻性指导,精准定位潜在矿脉走向与矿体赋存位置,显著提高勘查效率与成功率,减少勘查的盲目性与资源浪费^[1]。

2.3 智能化矿山开采规划与管理

在矿山开采阶段,GIS为智能化开采规划与管理提供全方位、多层次的支持。通过实时采集矿山开采进度、设备运行状态、矿石产量等多源数据,利用传感器技术、物联网通信技术将数据传输至GIS平台,构建矿山生产的实时动态模型。该模型以三维可视化形式呈现矿山开采的全貌,包括矿体的开采进度、设备的空间位置与运行参数等。利用该模型,基于优化算法,如遗传算法、粒子群优化算法等,对开采方案进行模拟与优化,确定最佳的开采顺序、开采方法以及设备调度方案,实现资源的高效开采与合理利用。同时,基于GIS的矿山生产管理系统,运用空间分析技术与风险评估模型,实时监控矿山安全状况,如对矿山边坡稳定性、采空区塌陷风险等进行动态监测与预警,通过构建地质灾害预测模型,结合实时数据,提前预判可能出现的地质灾害隐患,为矿山安全生产提供有力保障,降低安全事故发生率,保障矿山生产的顺利进行^[2]。

2.4 全方位的矿山环境监测与生态修复

随着环保要求的日益严苛,GIS在矿山环境监测与生态修复领域扮演着至关重要的角色。整合遥感影像数据、地形地貌数

据、水文地质数据等多源信息,利用GIS的变化检测功能,通过对比不同时期的遥感影像,运用图像差值法、分类后比较法等技术,精确监测矿山开采引发的土地利用变化、植被破坏、水土流失等环境问题。通过建立环境评估模型,基于生态系统服务功能价值评估、环境影响评价等理论,结合GIS的空间分析功能,如缓冲区分析、网络分析等,全面评估矿山开采对生态环境的影响范围与程度,包括对生物多样性、土壤质量、水资源等方面的影响。基于监测与评估结果,借助GIS的空间规划功能,运用生态规划原理、景观生态学理论,制定科学合理的生态修复方案,明确生态修复的重点区域与措施,如植被恢复区域的划定、水土保持工程的布局等,为实现矿山绿色可持续发展提供坚实的技术支撑,促进矿山生态环境的良性恢复与发展。

3 GIS应用于矿产地质工程面临的挑战

3.1 数据问题

矿产地质数据来源广泛且复杂,不同数据源在数据格式、坐标系、比例尺等方面存在差异,导致数据融合与共享困难重重。例如,地质测绘数据多采用大地坐标系,而地球物理勘探数据可能使用不同的局部坐标系,这使得两者整合时需进行繁琐的坐标转换。此外,数据的准确性、完整性与一致性也难以保证,部分数据可能存在误差、缺失或矛盾,影响GIS分析结果的可靠性。

3.2 技术局限

现有的GIS软件在处理大规模、高复杂度的地质数据时,计算效率较低。矿产地质数据往往包含海量的空间信息与属性信息,常规GIS软件在数据存储、查询与分析过程中易出现卡顿、响应慢等问题,难以满足矿山实时生产决策的需求。同时,GIS的空间分析功能在面对复杂地质构造与地质过程时,精度与可靠性有待提升,如在对深部隐伏矿体的预测分析中,分析结果可能存在较大偏差。

4 创新GIS在矿产地质工程中应用的策略

4.1 构建“数据孪生”驱动的应用模式

引入数据孪生技术,旨在搭建一个与真实矿山地质环境及工程活动高度契合的虚拟模型。从技术实现角度,依托高精度传感器网络,全方位实时采集矿山现场数据,涵盖地质构造变化、开采作业进度、设备运行工况等多维度信息。运用先进的数据传输协议,将这些数据快速、准确地同步至虚拟模型中,确保虚拟模型与真实矿山状态的实时一致性。在虚拟环境下,借助模拟仿真算法,对开采方案进行多场景优化试验,考量不同开采顺序、方法对资源回收率、开采成本的影响,精准筛选出最优方案。对于设备运行状态,通过构建设备健康监测模型,利用机器学习算法对设备历史数据与实时数据进行分析,提前预测设备潜在故障,实现预测性维护,降低设备突发故障带来的生产中断风险。在环境影响评估方面,结合矿山周边生态环境数据,运用生态模型模拟矿山开采对土地、水体、植被等的长期影响,为制定前瞻性的环境保护措施提供依据。这种模式凭借其精准模拟与实时监控特性,显著提升决策的科学性与准确性,有效规避工程风险,降

低运营成本,引领矿产地质工程朝着智能化、精细化方向大步迈进^[3]。

4.2 深化多源数据融合与人工智能分析

深化多源数据融合,需打破地质数据与其他领域数据之间的壁垒。在数据整合阶段,建立统一的数据标准与接口规范,将地质数据与气象数据、社会经济数据等进行有机融合。气象数据,如降水、气温、风速等,对矿山开采中的边坡稳定性、尾矿库安全等有着重要影响;社会经济数据,包括周边人口分布、基础设施建设等,关系到矿山开发的可行性与可持续性。利用人工智能算法,如深度学习中的卷积神经网络、循环神经网络等,对融合后的多源数据进行深度分析。在地质图像解译方面,卷积神经网络能够自动识别地质构造、岩石类型等特征,相比传统人工解译,大大提高解译效率与精度。机器学习算法可挖掘数据间隐藏的关联关系,例如分析地质条件、气象因素与矿产产量之间的内在联系,发现传统方法难以察觉的地质信息与规律,为矿产地质工程决策提供更全面、精准的数据支持,助力行业实现数据驱动的创新发展^[4]。

4.3 打造“云GIS”协同工作平台

基于云计算技术打造云GIS协同工作平台,从架构设计层面,采用分布式存储技术,将海量地质数据分散存储于多个节点,提高数据存储的可靠性与扩展性。并行计算技术则通过将复杂的数据处理任务分解为多个子任务,分配至不同计算节点同时处理,大幅缩短数据处理时间,提升系统响应能力。在用户交互方面,平台提供统一的网络访问接口,支持多用户在不同终端,如电脑、平板、手机等,通过互联网实时登录访问。在矿产地质工程项目中,地质学家可上传最新的地质研究成果,工程师能分享开采方案设计思路,管理人员则可依据实时数据进行项目进度把控与资源调配决策。通过平台内置的实时通讯与协同编辑功能,不同角色人员可就项目方案进行在线讨论、修改,打破地域限制,促进团队成员高效协作,提升项目整体推进效率,推动矿产地质工程行业向数字化协同办公模式转变^[5]。

4.4 推动GIS与物联网的深度融合

推动GIS与物联网深度融合,核心在于构建智能化的矿山感知与管控体系。在感知层,于矿山设备,如钻机、破碎机、运输车辆等,以及地质监测点,如边坡位移监测点、地下水位监测点

等,密集部署物联网传感器。这些传感器能够实时采集设备的运行参数,包括转速、温度、压力等,以及地质环境参数,如岩土体位移、地下水位变化、地应力波动等信息。借助无线网络,如5G通信技术,将采集到的海量数据快速传输至GIS平台。在GIS平台端,利用空间分析与数据挖掘技术,对实时数据进行深度处理。基于设备运行数据,实现对矿山设备的远程监控,依据设备性能状态进行智能调度,提高设备利用率;通过分析地质环境参数变化,构建地质灾害预警模型,对矿山可能出现的滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害进行实时预警,为矿山安全生产提供全方位、实时化的技术保障,提升矿山智能化管理水平。

5 结语

地理信息系统在矿产地质工程中的应用已展现出显著的技术优势与应用价值,从地质数据管理的高效整合、矿产资源勘查的精准定位,到矿山开采的智能化规划与环境监测的全面覆盖,全方位推动着行业的发展。通过创新策略的实施,GIS技术在矿产地质工程中的应用将不断深化与拓展。这不仅能显著提升矿产地质工程的作业效率、降低成本、保障安全,还将为矿产资源的可持续开发利用与生态环境保护提供坚实的技术保障,助力行业在数字化、智能化浪潮中实现跨越式发展,开创矿产地质工程与GIS技术深度融合的新局面,为国家资源安全与经济社会可持续发展贡献强大的技术力量。

【参考文献】

- [1]侯海丽.地理信息系统及其在地质矿产勘查中的运用[J].世界有色金属,2023,(11):82-84.
- [2]余明军.地理信息系统在地质矿产勘查中的应用分析[J].中国金属通报,2023,(05):98-100.
- [3]陈艳,皇甫进娟,孙家柱.地理信息系统在地质矿产勘查中的应用[J].世界有色金属,2023,(07):103-105.
- [4]蒋鑫,宁妍云.地理信息系统及其在地质矿产勘查中的应用探析[J].世界有色金属,2023,(05):115-117.
- [5]吴磊.地理信息系统及其在地质矿产勘查中的应用分析[J].世界有色金属,2023,(02):125-127.

作者简介:

张冰,女,汉族,山东济宁人,大学,中级,研究方向:测绘。