

Application of 3D geological modeling in exploration of complex mine geological structure area

Weilin La

Qinghai Hassyatu Mining Co., Ltd., Golmud, Qinghai, 816000, China

Abstract

This paper focuses on the application of 3D geological modeling technology in the exploration of complex mine geological structure areas. This paper expounds the principle and method of this technology in detail, and deeply analyzes the difficulties faced by the exploration of complex mine geological structure areas, including the difficulty of obtaining geological information, the complexity of geological disaster risk assessment and the difficulty of data processing and analysis. At the same time, the significant advantages of 3D geological modeling technology in displaying geological structure directly, improving exploration accuracy and efficiency, effectively evaluating geological disaster risk and assisting resource reserve estimation are systematically discussed. The problems of data quality, model construction, model verification and model application in practical application of this technology are pointed out, and the future development of this technology in automation intelligence, multi-source data fusion and integration with other technologies is prospected, which provides technical reference and theoretical support for the exploration of complex mine geological structure areas.

Keywords

three-dimensional geological modeling; Mines; Geological structure; prospecting

三维地质建模在复杂矿山地质构造区勘查中的应用研究

喇维林

青海省哈西亚图矿业有限公司, 中国·青海 格尔木 816000

摘要

本文聚焦于三维地质建模技术在复杂矿山地质构造区勘查中的应用。详细阐述了该技术的原理、方法, 深入剖析复杂矿山地质构造区勘查面临的难点, 包括地质信息获取困难、地质灾害风险评估复杂以及数据处理与分析难度高等问题。同时, 系统论述了三维地质建模技术在直观展示地质结构、提高勘查精度与效率、有效评估地质灾害风险和助力资源储量估算等方面的显著优势。指出该技术在实际应用中存在数据质量、模型构建、模型验证及模型应用等方面的问题, 并对其未来在自动化智能化、多源数据融合及与其他技术融合应用等方面的发展进行了展望, 为复杂矿山地质构造区的勘查工作提供技术参考与理论支持。

关键词

三维地质建模; 矿山; 地质构造; 勘查

1 引言

随着全球矿产资源需求的持续增长, 复杂矿山地质构造区的矿产勘查工作愈发重要。这类区域地质条件复杂, 传统勘查手段面临诸多挑战, 难以满足精准、高效的勘查需求。三维地质建模技术作为一种融合多学科知识与先进信息技术的新兴手段, 为复杂矿山地质构造区的勘查带来了新的机遇。它能够整合多源地质数据, 构建直观、准确的地质模型, 在地质结构分析、资源储量估算、地质灾害评估等方面展现出巨大潜力。然而, 目前该技术在实际应用中仍存在一些问

题, 需要进一步研究与完善。因此, 深入探究三维地质建模技术在复杂矿山地质构造区勘查中的应用, 对于提升矿产勘查水平、保障资源合理开发利用具有重要的现实意义。

2 三维地质建模技术概述

2.1 技术原理

三维地质建模融合多学科理论, 依托空间信息与计算机技术实现地质体数字化。关键在于收集多源数据, 包括地质勘探、地球物理、地球化学、遥感及测井数据。这些数据从不同角度反映地质体特征, 地质勘探直观呈现露头与地层, 地球物理借物理场推断性质, 地球化学体现成分, 遥感提供宏观信息, 测井获取岩石参数。数据处理时, 要进行清洗、去噪、标准化等预处理, 再整合至同一空间坐标系, 保障数据质量与融合效果。像克里金插值法这样的地质统计学

【作者简介】喇维林(1997-), 男, 土族, 中国青海民和人, 本科, 助理工程师, 从事地质矿产勘查研究。

方法,依据区域化变量理论,借变异函数描述空间变异,通过加权平均估计未知点,提升模型精度,常用于岩石孔隙度建模。空间插值技术如反距离加权、样条插值法各有长短,依数据与建模需求选择。模型构建方法多样,基于钻孔数据建模自动化程度高,适用于简单地质区的大规模钻孔建模,但交互性差;基于剖面数据可处理复杂模型,不过前期准备与人员要求高,建模慢且更新难;多源数据融合建模精度高,适用于复杂矿山地质构造区,只是数据准备与更新难度大。

2.2 技术方法

在复杂矿山地质构造区勘查,数据收集是三维地质建模基础,关乎模型可靠性。数据来源广泛,地形数据可由GPS实地测量、卫星遥感影像与DEM获取,用于呈现地表起伏、辅助地质体定位;钻孔数据依地质构造与矿体分布布置,涵盖位置、岩性等,经岩芯分析助力属性建模,采集需严格规范;地球物理数据借重力、磁力、电法等,依地质体物理性质差异推断分布,测量依地质条件选方法设备;地球化学数据通过分析样品元素含量识别异常,采样确保代表性;遥感数据从宏观识别地质构造,光学、雷达遥感各有优势,依目标选数据源并预处理。多源数据收集后,经清洗、插值、滤波处理。建模先定地质体边界建空间框架,再用三角网或格网法构建表面模型,内部结构建模包括地层、断层、褶皱建模,整合各模型并优化。模型通过正演、反演模拟及与实际数据对比验证,利用专业软件及动画、VR技术实现可视化,辅助地质分析决策。

3 复杂矿山地质构造区勘查难点分析

3.1 地质信息获取困难

复杂矿山地质构造区因地理与地质构造复杂,地质信息获取困难重重。地理上,多处偏远山区,地形崎岖、交通不便。山区矿山地势险峻,山脉纵横,部分区域勘查人员难以到达,实地勘查受阻。恶劣自然环境,如高温、高湿、高寒,干扰设备运行、影响人员状态,高温使设备故障,高寒降低工作效率。地质构造方面,地层褶皱与断层交错。褶皱改变地层形态、产状,走向和倾角多变,增加解读难度,勘查人员需花更多精力确定分布规律^[1]。断层破坏地层连续性,两侧地层错动,给地质信息对比分析造成阻碍。岩石性质差异同样形成阻碍。不同岩石物理性质不同,影响地球物理勘查,密度差异小的区域,重力勘查难以区分岩石类型。岩石力学性质影响钻探,硬岩钻探耗时耗能,易磨损钻头,降低效率与质量。地质灾害频发,滑坡、泥石流威胁安全,破坏设备与已获信息,增加获取成本与难度。

3.2 地质灾害风险评估复杂

在复杂矿山地质构造区,地质灾害预测评估挑战巨大,因其需综合考虑地质构造、地质过程与工程活动的复杂关系。地质构造复杂,褶皱、断层、节理并存,影响地层稳定,增加灾害发生概率,如某区多条断层活动使地层破碎,易引

发滑坡、崩塌。地质过程漫长复杂,风化、侵蚀等改变地质体物理与力学状态,山区长期风化侵蚀致山体坡度变陡,滑坡、泥石流风险上升。工程活动影响显著,地下开采形成采空区,引发地面塌陷等;爆破破坏岩石结构,提高灾害概率。自然因素也至关重要,降雨、地震、风化等均能诱发地质灾害。该区域灾害类型多样,不同灾害与地形、地质构造、工程活动等因素关联各异,评估时需针对不同灾害类型,采用不同方法与指标体系,综合考量各类因素,才能精准评估风险。

3.3 数据处理与分析难度高

矿山地质数据量大、类型多、关系复杂,给处理和分析带来巨大挑战。长期勘查开采积累海量数据,如大型矿山有数千钻孔,钻孔及地球物理、化学等数据不断增多。数据类型涵盖结构化、非结构化、半结构化,处理方式各有不同。不同类型数据关联紧密,钻孔与地球物理数据相互验证补充,地质与工程数据相互影响。复杂矿山地质构造区更难,地层变化频繁、岩石性质差异大,降低数据规律性。地质灾害还会破坏地质体结构,改变数据特征。此外,矿山开采中地质条件变化快,需及时更新数据以保证时效性;在矿体储量计算等工作中,对数据精度要求高,要采用高精度处理方法,确保能准确反映地质体特征与规律。

4 三维地质建模在复杂矿山地质构造区勘查中的优势

4.1 直观展示地质结构

在复杂矿山地质构造区勘查里,三维地质建模技术优势显著,尤其是直观展示地质结构方面。传统勘查依靠二维图纸与文字描述,面对复杂构造存局限。二维图纸仅从特定平面呈现地质体,像复杂褶皱构造,难以展现其三维全貌,勘查人员难把握整体弯曲、延伸情况。文字描述抽象,复杂地质现象需勘查人员凭经验和空间想象力理解,易误解。三维地质建模则把复杂地质体以直观三维模型呈现。不同地层、断层、矿体等地质体借不同颜色、纹理、透明度区分,界限分明^[2]。地层分布、断层位置、矿体形态规模等信息清晰展示,降低地质信息理解难度,非专业人员也能快速掌握地质构造基本特征。同时,能清晰呈现地质体空间关系,如地层接触、断层与地层切割、矿体与周围地质体位置关系等,这对地质分析与矿产勘查意义重大。在某复杂矿山勘查时,构建的三维地质模型展现出地层褶皱、断层交错及矿体分布受断层影响的特征。勘查人员借此多角度观察,准确把握地质体空间关系,为后续工作提供重要依据,相较传统方法,显著提升勘查效率与质量。

4.2 提高勘查精度与效率

在复杂矿山地质构造区勘查,提升精度与效率至关重要,三维地质建模技术助力显著。它整合多源数据,提高勘查精度,传统勘查孤立处理数据,易片面、不完整。三维地

质建模融合地质勘探、地球物理、化学、遥感、测井数据。地质勘探呈现露头与地层,地球物理借物理场变化推断性质,地球化学反映成分,遥感提供宏观信息,测井获取岩石参数。多源整合能全方位刻画地质体,其自动化建模功能提升勘查效率。传统建模人工操作多,耗时耗力且易出错。三维地质建模软件自动处理数据,清洗、去噪、标准化,依算法参数自动构建模型。某大型矿山,运用此技术几天便完成三维地质模型构建,传统人工则需数月。三维地质建模减少人为误差。传统勘查人工主观性强,易致数据与模型错误。其自动化处理与建模,避免人工疏忽,保证数据与模型准确一致。

4.3 有效评估地质灾害风险

在复杂矿山地质构造区,地质灾害威胁矿山安全与人员生命财产。三维地质模型对地质灾害风险预测与评估意义重大。它直观展现地质构造,为评估提供准确信息。如某区构建的三维模型,清晰呈现地层褶皱、断层分布与错动。褶皱、断层破坏地层稳定,增加岩石破碎度,易引发滑坡、崩塌。分析模型可精准识别隐患区域,助力风险评估。通过模型能获取地质体力学性质参数,像岩石抗压、抗剪强度等,这是评估关键指标。评估滑坡风险时,结合模型与岩石力学实验,获取抗剪强度值,计算稳定性系数,预测滑坡可能性。三维地质模型还能模拟灾害过程,预测影响范围与危害程度。模拟泥石流时,综合地形、地质体性质、降雨等因素,经数值模拟呈现其形成、运动、堆积过程,为防治方案制定提供依据。该模型可与GIS技术整合多源信息,分区评估绘制风险图;与实时监测技术结合,依据传感器数据实时预警。

4.4 助力资源储量估算

在复杂矿山地质构造区勘查中,资源储量估算对衡量矿山经济价值与规划开采意义重大。传统的地质块段法、断面法等估算方法,受复杂地质条件制约,精度欠佳。它们常以简单几何平均算矿体体积,用部分化验平均品位替代整体,还用规则块体近似不规则实体,忽略成矿元素空间相关性,致使估算结果偏差大。基于三维地质模型并运用地质统计学方法,能显著提升估算准确性。地质统计学基于区域化

变量理论,考量成矿元素空间属性与结构特征。如在某复杂矿山,构建三维地质模型获取矿体详细空间信息后,用克里金插值法估算品位和储量。该方法借变异函数描述空间变异,通过加权平均已知点估计未知点,精准呈现矿体空间变化规律^[1]。此外,三维地质模型直观展示矿体空间分布,不同品位矿体以不同颜色或透明度区分,矿体与周围地质体空间关系清晰,利于准确圈定边界,减少估算误差。在某矿山,借此明确了矿体受断层影响情况,提升了储量估算精度。而且,模型便于储量动态更新,开采中及时纳入新地质数据,实时反映矿体变化,为矿山生产决策提供精准依据。

5 结语

本文聚焦三维地质建模技术在复杂矿山地质构造区勘查的应用,明晰其原理与方法,涵盖多源数据收集处理、模型构建、验证与可视化。剖析勘查难点,包括地质信息获取难、灾害风险评估复杂、数据处理分析难度大。阐述技术优势,如直观呈现地质结构、提升勘查精度效率、助力灾害风险评估及资源储量估算。不过,应用中也有问题。数据质量受采集环境、设备及数据一致性影响;模型构建方法各有局限,像基于钻孔数据建模难处理复杂构造,基于剖面数据建模前期准备及更新困难,多源数据融合建模数据准备与更新复杂;模型验证方法依赖参数假设,与实际数据对比也可能因采集误差导致不准;模型应用与生产结合不紧密,可视化展示对非专业人员不友好。展望未来,技术将朝自动化智能化发展,加强多源数据融合,与GIS、VR、AR等技术深度融合,在矿山开采、地质灾害防治、地下空间开发等领域发挥更大作用。

参考文献

- [1] 祁万旭,陈骞,徐玺萍,胡祎.三维地质建模在复杂矿山地质构造区勘查中的应用研究[J].世界有色金属,2024(23):175-177.
- [2] 刘志斌,张健桥,杜晓峰,郭甲腾.矿区复杂地质构造隐式三维集成建模[J].东北大学学报(自然科学版),2024,45(9):1317-1325.
- [3] 李兰星.三维地质建模法在矿山地质环境综合勘查中的应用研究[J].世界有色金属,2020,45(5):150-151.