

矿山地质勘探中的地质建模技术及其应用

杨超

山东金玺泰矿业有限公司 山东 临沂 277712

摘要：本文深入探讨了矿山地质勘探中地质建模技术的原理、方法及其应用价值，地质建模作为一种先进的空间信息技术，通过整合地质解译、空间分析、地学统计等手段，在三维环境下构建真实反映地下地质结构的模型。这一技术为矿山资源的精确评估、工程设计的优化以及地质灾害的有效预防提供了强有力的支持；本文旨在揭示地质建模技术的核心优势，并展望其在矿山地质勘探领域的未来应用前景。

关键词：矿山地质勘探；地质建模技术；应用

引言

矿山地质勘探是矿产资源开发的基础，其准确性直接影响到资源的有效利用和环境保护。然而，传统勘探方法往往难以全面、准确地揭示地下地质结构。地质建模技术的出现，为矿山地质勘探带来了新的突破。本文将从地质建模的定义、主要方法及其在矿山地质勘探中的具体应用三个方面进行阐述，以期为推动地质建模技术在矿山领域的深入应用提供理论支持和实践指导。

1 地质建模技术概述

地质建模，作为现代地质学与计算机科学交叉融合的产物，是一项在三维空间内对地质信息进行深度整合与精细解析的高新技术。它不仅仅是对地质数据的简单三维呈现，更是通过一系列复杂而精密的计算与分析过程，构建一个与实际情况高度吻合的地下地质结构模型。在这一技术框架内，空间信息管理扮演着至关重要的角色；它负责将海量的地质数据，包括地质勘探资料、地球物理探测结果、遥感影像等，进行有序的组织、存储与管理，为后续的地质建模提供坚实的数据基础。地质解译则是地质建模的核心环节，它依赖于地质学家的专业知识与经验，对地质数据进行深入剖析，识别出地层、岩性、构造等关键地质要素，为模型构建提供准确的地质信息。空间分析与预测、地学统计等方法的运用，则进一步提升了地质建模的科学性与准确性；它们能够揭示地质要素之间的内在联系与规律，预测地质结构的变化趋势，为模型的优化与完善提供有力支持。最终，通过实体内容分析与图形可视化技术，地质建模技术将抽象的地质数据转化为直观、生动的三维模型；这一模型不仅为地质学家提供了便捷的研究工具，更为资源评估、工程设计、灾害预测等实际应用领域提供了精准的数据支撑，极大地推动了地质科学的发展与进步^[1]。

2 地质建模的主要方法

2.1 表面建模

(1) 表面建模，在地质建模领域中占据着举足轻重的地位，其核心任务在于精准捕捉并再现地质体的外表面形态。这一技术通过构建地表或地质界面的三维模型，为我们提供了一个直观且全面的视角，以深入理解地质体的空间分布及其特征。(2) 数字地面模型(DTM)作为表面建模的常用方法之一，其构建基础是离散的高程点数据。这些数据通常源自地质勘探、遥感测量等多种手段，确保了模型的准确性和可靠性；DTM通过先进的插值算法，将这些离散的高程点数据转化为连续、平滑的地表模型；这一过程不仅保留了原始数据的关键信息，还通过算法优化，使得模型更加贴近真实地形，为后续的地质分析和应用提供了坚实的基础。

(3) 与DTM相比，三角网模型在刻画地质界面细节方面展现出更高的灵活性。该模型通过连接地质界面上的点，形成一系列紧密相连的三角形网格。这些三角形网格的大小和形状可以根据地质界面的复杂程度进行灵活调整，从而实现对地质形态的高精度逼近；三角网模型的这一特点使其在处理复杂地质结构时具有显著优势，能够更准确地反映地质界面的形态变化与空间关系，为地质研究提供了更为精细的数据支持。

2.2 体建模

(1) 体建模，作为地质建模技术的重要组成部分，其核心在于对地质体内部结构和属性的精细刻画。与表面建模关注外在形态不同，体建模更注重揭示地质体内部的奥秘，为地质研究提供更为深入的数据支持。(2) 块体模型是体建模中一种简洁而有效的方法。它将地质体划分为一系列规则的块体单元，每个块体都被赋予均一的属性，如岩性、密度、磁性等；这种模型构建方式简洁明了，便于进行大规模的地质属性分析和计算，尤

其适用于对地质体进行初步划分和属性赋值。(3)对于复杂的地质结构,实体模型则展现出更高的适用性。实体模型通过精确定义地质体的边界和内部属性,能够构建一个与实际情况高度吻合的三维模型;这种模型不仅能够准确反映地质体的形态和空间关系,还能深入揭示其内部的复杂结构和属性分布,如地层的叠置关系、岩性的变化等,为地质研究提供了更为详尽的信息。(4)四面体模型则是体建模中一种更为精细的方法。它通过不规则的四面体单元来逼近地质体的真实形态和属性分布,具有高度的灵活性和适应性;四面体模型能够处理各种复杂的地质形态和属性变化,为地质体的精细建模提供了有力支持。虽然其构建过程相对复杂,但所构建出的模型精度和逼真度都较高,对于深入研究地质体的内部结构具有重要意义^[2]。

2.3 混合模型

(1)混合模型,在地质建模领域中独树一帜,它巧妙地融合了表面建模与体建模的精髓,旨在为我们呈现一个更加全面、立体的地质世界。这一方法不仅关注地质体的外在形态,更深入探索其内部结构,通过集成多源、多尺度、高精度的地质数据,构建出一个既精细又准确的地质模型。(2)混合模型通常由地表模型、地层模型和地质构造模型等多个关键部分组成。地表模型作为模型的“门面”,精准地刻画了地质体的外部形态,为后续建模提供了准确的空间框架;地层模型则深入地质体内部,通过精细的分层处理,揭示了地层之间的空间关系与属性差异,为理解地质体的形成与演化提供了重要线索;而地质构造模型则聚焦于地质体内部的构造特征,如断层、褶皱等,它们不仅是地质体稳定性的关键因素,也是矿产资源赋存的重要指示。(3)在混合模型的构建过程中,数据集成与融合是核心环节。不同来源、不同尺度、不同精度的地质数据被有机整合,通过先进的数据处理与分析技术,实现数据的互补与优化;这一过程不仅提高了模型的精度与可靠性,还使得模型能够更真实地反映地质体的复杂性与多样性。(4)混合模型的这一特点使其在多个领域具有广泛的应用前景。无论是资源勘探、工程设计,还是地质灾害预测与防治,混合模型都能提供全面、准确的地质信息支持,为决策制定提供科学依据;混合模型不仅是地质建模技术的一大进步,更是推动地质科学研究深入发展的重要力量。

3 地质建模技术在矿山地质勘探中的应用

3.1 资源评估

(1)在矿山地质勘探领域,地质建模技术以其独特的优势,为资源评估提供了强有力的支持。通过构建精

细的三维地质模型,我们能够直观地展示矿产资源的分布状况、储量大小以及开采潜力,为矿产资源的合理开发和高效利用奠定了坚实基础。(2)在资源评估过程中,地质建模技术能够准确地划分矿体边界。传统的二维图纸和剖面图难以全面、立体地展示矿体的空间形态,而三维地质模型则通过三维可视化技术,将矿体的形态、产状、空间关系等一目了然地呈现出来;这使得我们能够更加精准地确定矿体的边界,为后续的开采设计提供准确依据。(3)地质建模技术还能够利用地质统计学方法进行储量估算。通过构建三维地质模型,我们可以对矿体内的矿石品位、厚度等参数进行空间插值和分析,从而计算出矿体的储量;这种方法不仅提高了储量估算的准确性,还能够对储量的分布情况进行详细分析,为矿产资源的开发和利用提供科学依据。(4)地质建模技术还能够评估矿产资源的开采潜力。通过对三维地质模型进行动态模拟和预测,我们可以了解矿产资源的未来变化趋势,评估不同开采方案下的资源回收率 and 经济效益,为矿产资源的可持续开发提供有力支持^[3]。

3.2 工程设计

(1)在矿山地质勘探与工程设计的交汇点,地质建模技术以其独特的优势,成为确保地下工程安全、高效进行的关键工具。通过构建详尽的三维地质模型,并对模型进行深入的模拟与分析,我们能够预见到工程活动对地质环境可能产生的影响,进而对工程设计方案进行精细化调整,以最大程度地保障工程的安全性与经济性。(2)在矿井开拓的初期阶段,地质建模技术便展现出其不可或缺的价值。通过对矿体及其周边地质构造的精细建模,我们可以直观地了解到矿层的分布、岩性的变化以及潜在的地质灾害风险点;这些信息为矿井的开拓方向、巷道布置以及支护方式的选择提供了科学依据,有助于减少因地质因素导致的工程风险。(3)在隧道建设等地下工程中,地质建模技术也发挥着举足轻重的作用。隧道穿越的地质条件往往复杂多变,包括不同岩性的交替、地质构造的发育等;通过地质建模,我们可以对隧道沿线的地质条件进行全面、准确的分析,预测隧道开挖过程中可能遇到的地质问题,如涌水、岩爆等;这有助于我们提前制定应对措施,优化施工方案,确保隧道的顺利建设。(4)地质建模技术还能够为地下工程的施工管理提供有力支持。通过实时监测地质模型与工程实际进度的对比,我们可以及时发现并纠正施工中的偏差,确保工程按照设计要求进行;地质模型还可以作为工程验收的重要依据,确保工程质量符合标准。

3.3 环境评价和预测

(1) 在矿山地质勘探与开发的全过程中, 环境评价和预测是确保矿产资源可持续开发与环境保护协调并进的关键环节。地质建模技术, 以其强大的空间分析与模拟能力, 为这一目标的实现提供了强有力的技术支持。

(2) 通过构建精细的地质环境模型, 我们能够深入剖析工程活动对周边环境的潜在影响。模型不仅涵盖了地质构造、岩性分布等基础地质信息, 还整合了地下水流动、地表水系分布、土壤类型及污染状况等环境要素; 这使得我们能够全面、准确地评估矿山开发对地下水资源的破坏风险、地表水的污染潜力以及土壤生态系统的受损程度。(3) 在地质环境模型的基础上, 我们可以进一步运用数值模拟技术, 预测不同开采方案下环境风险的时空演变规律。通过模拟地下水位的升降、污染物的迁移扩散以及土壤侵蚀等过程, 我们能够提前识别出环境风险的热点区域和敏感时段, 为环境保护和治理措施的制定提供科学依据。(4) 地质建模技术还能够辅助我们进行环境影响的长期监测与评估。通过将模型预测结果与实地监测数据进行对比验证, 我们可以及时调整环境保护策略, 确保矿山开发活动在环境可承受的范围内进行^[4]。

3.4 地质灾害预防

(1) 在矿山地质勘探与开发的征途中, 地质灾害如同悬在头顶的达摩克利斯之剑, 时刻威胁着矿山的安全与稳定。而地质建模技术, 作为一把锋利的科技利剑, 正成为我们预防地质灾害、保障矿山安全的有力武器。(2) 通过深入剖析地质结构, 地质建模技术能够构建出详尽的三维地质模型。这一模型不仅准确反映了地层分布、岩性特征、地质构造等关键信息, 更能够揭示出潜在的地质灾害风险点; 无论是滑坡的隐患区域, 还是地震的潜在震源, 都能够在模型中得以直观展现, 为

地质灾害的风险评估提供了坚实的数据基础。(3) 进一步地, 地质建模技术还能够模拟地质灾害的发生过程。通过设定合理的边界条件和初始参数, 我们可以模拟出滑坡的滑动路径、地震的波动传播等灾害过程, 从而预测出灾害的影响范围和程度; 这种模拟不仅有助于我们更深入地理解地质灾害的机理, 更能够为制定防灾减灾措施提供科学依据。(4) 基于地质建模技术的灾害预测, 我们可以有针对性地采取预防措施。对于滑坡风险区域, 我们可以加强监测、设置预警系统, 甚至通过工程手段进行加固; 对于地震潜在震源, 我们可以进行地震烈度区划, 制定相应的抗震设防标准。这些措施的实施, 能够显著降低地质灾害的发生概率, 减轻灾害造成的损失。

结语

地质建模技术作为矿山地质勘探领域的一项重要技术, 其应用前景广阔。通过构建真实反映地下地质结构的三维模型, 地质建模技术为资源评估、工程设计、环境评价和预测以及地质灾害预防提供了强有力的支持。随着计算机技术和地质信息学的不断发展, 地质建模技术将更加智能化、自动化, 为矿山地质勘探领域带来更多的创新和突破。

参考文献

- [1]李华,陈敏.遥感技术在矿山地质勘探中的应用研究[J].地质勘探,2023,35(1):12-19.
- [2]张建,刘洋.无人机遥感技术在矿山地质勘探中的应用[J].矿山技术,2022,40(3):25-30.
- [3]杨超.综合物探技术在矿山水文地质勘探中的运用分析[J].中国金属通报,2020(03):182+184.
- [4]耿祥峰.综合物探技术在矿山地质勘探中的应用[J].世界有色金属,2020(01):134+136.