

煤矿透明地质系统在梁北二井的构建技术及应用

李华甫

中国平煤神马集团梁北二井 河南 平顶山 467000

摘要: 随着煤炭行业智能化转型加速,煤矿开采面临复杂地质条件的严峻挑战。本文围绕梁北二井透明地质系统展开,介绍其构建技术及应用。理论基础涵盖地质信息数字化、地质模型构建、数据融合与可视化理论。构建技术包括地质数据采集、处理、三维地质建模、多源数据融合及模型动态更新技术。应用方面,在梁北二井地质勘探中精准获取地质信息,在开采设计上辅助优化方案,在安全生产中保障作业安全,在资源管理中实现合理规划。梁北二井透明地质系统的构建与应用是煤矿智能化与安全高效开采的重要技术支撑,其核心目标是通过目前的技术手段精准刻画水文地质条件,构建三维动态地质模型,实现地质信息的实时感知与动态更新。

关键词: 煤矿透明;地质系统;构建技术;应用

引言:梁北二井地质类型为极复杂。井田内发现56条以上断层(其中大型断层5条,落差>100m),主采二1煤层,二1煤层定性定量均不稳定。梁北二井水文地质类型为复杂。煤层底板与主要含水层之间的距离较小且水压较大,受构造影响,水害风险高。梁北二井为煤与瓦斯突出矿井。地勘期间的瓦斯地质参数和地应力测试与实际生产中的参数存在显著差异,极大增加了采掘过程中的危险性。

煤矿开采过程中,地质条件的复杂性是影响安全生产与开采效率的关键因素。传统的地质勘查技术在面对复杂地质条件时,往往难以提供全面、准确且实时的地质信息。开展透明地质系统的构建与应用,其理论基础包含地质信息数字化、地质模型构建等方面,为系统的构建提供理论依据。构建技术的不断发展,如地质数据采集等技术的完善,推动着系统的实现。系统的应用在煤矿的勘探、设计、生产及资源管理等环节发挥着重要作用,可以有效提升地质信息的获取精度和实时性,对梁北二井开采效率、保障安全生产等具有关键意义。

1 梁北二井透明地质系统的理论基础

1.1 地质信息数字化理论

地质信息数字化理论以将煤矿地质信息转化为数字形式为核心,借助传感器、遥感、钻探等采集手段,获取岩性、构造等原始数据。通过数据编码、存储等技术,构建标准化地质信息数据库,打破传统纸质资料局限,为后续地质模型构建、多源数据融合提供规范数据基础,实现地质信息高效管理与深度挖掘,是系统构建的前提条件。

1.2 地质模型构建理论

地质模型构建理论依托地质统计学、构造地质学等

学科,结合数学算法与计算机技术,依据数字化地质信息构建三维地质模型。运用插值、网格化等方法,将离散数据转化为连续地质体模型,直观呈现地层、构造空间形态,预测未知地质情况,辅助地质工程师与采矿人员科学决策,是系统实现地质可视化的关键环节。

1.3 数据融合与可视化理论

数据融合与可视化理论针对煤矿多源异构数据,利用优化算法整合勘探、监测等数据,消除矛盾冗余,提升数据准确性。通过图形图像处理技术,将融合后数据以三维模型、动态图表展示,使地质特征与变化规律一目了然,为生产决策提供直观支持,是系统发挥实用价值的重要保障^[1]。

2 煤矿透明地质系统构建技术

2.1 地质数据采集技术

2.1.1 高密度三维地震。

高密度三维地震技术是煤矿地质勘探中的一项核心物探手段,通过高密度数据采集、高精度处理和三维可视化建模,能够精细刻画地下构造、岩性及水文地质特征,为煤矿安全开采和透明地质建设提供关键支撑。高密度三维地震技术通过提升数据密度与处理精度,显著增强了煤矿隐蔽致灾因素探查能力,是透明地质体系建设的关键技术之一。未来随着智能化与多学科融合,其在煤矿水害防治与资源高效开发中的应用潜力将进一步释放

2.1.2 定向钻探。

定向钻探在生产矿井中探查地质情况是一项结合精准导向技术与实时数据采集的高效手段,其核心在于通过可控轨迹的钻孔获取地下地质信息。定向钻的导向系统采用随钻测量(MWD)和旋转导向工具,实时监测

钻孔倾角、方位角和工具面角，通过液压或机械方式调整钻头方向，确保钻孔按预设路径延伸。定向钻探结果可用于验证地球物理勘探结果，精准确定煤层厚度、倾角、煤质等参数，为地质模型构建提供关键数据支撑。

2.2 地质数据处理技术

2.2.1 数据降噪与滤波

由于地质数据采集过程中受到各种噪声干扰，需要对原始数据进行降噪和滤波处理。采用数字滤波技术，如低通滤波、高通滤波、带通滤波等，去除数据中的高频噪声和低频漂移。对于地震数据，常采用F-K滤波、Radon变换等方法压制面波、多次波等干扰波，提高数据的信噪比，使有效信号更加清晰，为后续的数据解释和分析提供可靠基础。

2.2.2 数据反演与成像

地球物理数据反演是根据采集到的地球物理场数据，反推地下地质体的物理参数分布。例如，地震数据反演通过迭代优化算法，调整地下地质模型的参数，使模型正演模拟的地震响应与实际采集的地震数据相匹配，从而得到地下地质构造的详细信息。瞬变电磁数据反演可计算出地下介质的电阻率分布，进而推断含水构造的位置和规模。地质雷达数据通过偏移成像处理，能够将雷达反射信号准确归位，清晰显示地下地质界面和异常体的图像。

2.3 三维地质建模技术

2.3.1 基于规则网格的建模方法

基于规则网格的建模方法是将地下空间划分成规则的网格单元，每个单元赋予相应的地质属性值。通过对地质数据的插值计算，确定每个网格节点的属性值，从而构建三维地质模型。常用的插值方法有克里金插值、距离反比加权插值等。这种建模方法简单直观，计算效率高，适用于地质条件相对简单、数据分布较为均匀的区域。但在处理复杂地质构造时，由于网格的规则性，可能会出现模型精度不足的问题。

2.3.2 基于三角网的建模方法

基于三角网的建模方法是利用离散的地质数据点构建不规则三角网（TIN）来表示地质界面。通过Delaunay三角剖分算法，将地质数据点连接成三角形，使每个三角形的外接圆内不包含其他数据点，保证三角网的唯一性和最优性。TIN模型能够较好地适应复杂的地质边界和地形变化，对地质构造的表达更加准确。在构建三维地质模型时，可通过多个TIN模型的叠加和连接，形成完整的三维地质体模型。对于断层等复杂地质构造，可通过对断层数据点的特殊处理，构建准确的断层模型，并与

地层模型进行合理的切割和拼接，实现对复杂地质条件的精确建模。

2.4 多源数据融合技术

2.4.1 数据融合的原则与方法

数据融合需遵循准确性、一致性、互补性和实时性原则。准确性要求对数据进行严格校验，确保融合结果真实可靠；一致性需消除数据间的矛盾与冲突；互补性强调整合不同类型数据，实现信息互补；实时性则保障数据能及时更新。常用方法包括基于概率统计的方法，如贝叶斯推理，通过概率模型处理不确定性数据；基于人工智能的方法，如神经网络，利用其强大的学习能力挖掘数据特征；还有基于模糊数学的方法，处理模糊、不精确的地质数据。

2.4.2 多源数据融合的实现流程

多源数据融合首先进行数据预处理，对原始数据进行清洗、转换，统一数据格式与坐标系，消除噪声和异常值。其次是特征提取，针对不同类型数据，提取关键地质特征，如地层界面、构造形态等。然后进入数据关联环节，依据空间、时间等信息，建立不同数据源间的对应关系。最后利用合适的融合算法，将关联后的数据进行融合，生成综合地质信息。在煤矿透明地质系统中，该流程实现了地球物理勘探数据与钻探数据的有机结合，构建出更精确的地质模型，为煤矿开采设计、安全生产等提供全面、准确的地质信息支持，保障煤矿开采的高效与安全。

2.5 地质模型动态更新技术

2.5.1 基于采掘进度的模型更新

随着梁北二井采掘工作的推进，新的地质信息不断被揭露。通过实时采集采掘过程中的地质数据，如巷道揭露的地层信息、煤层厚度变化、断层产状等，将这些新数据及时融入已有的三维地质模型中。利用动态建模技术，根据新数据对模型进行局部或整体的调整和更新，使地质模型能够准确反映当前的地质状况。在巷道掘进过程中，若发现新的小断层，可根据断层的位置、产状等信息，对模型中的断层进行延伸或修正，并相应调整周围地层的形态和属性，确保模型与实际地质情况的一致性。

2.5.2 基于监测数据的模型更新

利用梁北二井的各类监测数据，如微震监测、地空电磁双域探测、矿井瞬变电磁探测、地应力监测、水文监测等，对地质模型进行动态更新。微震监测数据能够反映地下岩体的破裂和变形情况，通过分析微震事件的分布和能量特征，可推断断层的活动性和岩体的稳定

性,进而对地质模型中的构造应力场和岩体力学属性进行更新。地应力监测数据可用于修正模型中的地应力分布,水文监测数据可实时更新地下水位、含水层分布等信息,使地质模型能够更准确地反映地下流体的动态变化,为煤矿安全生产提供及时、准确的地质信息支持^[2]。

3 煤矿透明地质系统的应用

3.1 在梁北二井地质勘探中的应用

在煤矿地质勘探领域,煤矿透明地质系统展现出强大的技术优势。传统勘探方式依赖单一的钻探或物探手段,数据采集不全面、信息分析效率低,难以精准把握复杂地质构造。而透明地质系统通过多源数据融合技术,整合地质雷达、地震勘探、钻探岩芯等多源数据,利用三维地质建模技术,构建出高精度的三维地质模型。地质人员能够直观查看煤层厚度变化、断层走向、褶皱分布等地质信息,精准定位潜在的富煤区域与地质异常带。借助系统的动态更新功能,随着勘探工作的推进,新数据不断融入,模型实时优化,持续提升勘探结果的准确性,大幅降低勘探成本,缩短勘探周期,为煤矿资源的深度开发提供可靠的地质依据,提高煤矿勘探的科学性与有效性。

3.2 在梁北二井开采设计中的应用

煤矿开采设计的合理性直接关系到开采效率与经济效益,煤矿透明地质系统在此过程中发挥着关键作用。基于系统构建的三维地质模型,设计人员能够全面了解煤层赋存条件、顶底板岩性特征以及地质构造分布情况。通过对这些信息的分析,结合开采工艺要求,科学规划开采巷道布局,优化采煤工作面布置方案,避免因地质条件不清导致的无效工程建设。例如,在遇到断层、陷落柱等复杂地质构造时,系统可模拟不同开采方案下的开采效果,帮助设计人员选择最佳的避障路径与开采顺序,减少煤炭资源损失,提高开采效率。

3.3 在梁北二井安全生产中的应用

煤矿安全生产是煤矿行业的重中之重,煤矿透明地质系统为安全生产提供了全方位的保障。系统通过实时采集并整合地质监测数据、生产设备运行数据等多源信息,结合地质模型,能够对煤矿开采过程中的安全隐

患进行动态监测与预警。例如,利用地质模型对巷道围岩稳定性进行分析,当监测数据显示巷道变形超过阈值时,系统立即发出预警,提示工作人员采取支护加固措施,防止顶板事故发生。对于瓦斯、水害等灾害,系统可基于地质构造与瓦斯赋存规律、含水层分布等信息,提前划定灾害危险区域,制定针对性的防治措施。

3.4 在梁北二井资源管理中的应用

煤矿资源管理需要对煤炭储量、开采进度、资源利用效率等进行全面把控,煤矿透明地质系统为此提供了高效的管理工具。系统通过精确的三维地质建模与储量计算功能,能够实时掌握煤矿资源储量的动态变化,为资源规划与开采计划制定提供准确的数据支持。管理人员可以依据系统数据,合理安排开采顺序,优化资源配置,避免因过度开采或开采顺序不合理导致的资源浪费。系统对开采过程中资源回采率等指标进行实时监测与分析,及时发现资源利用过程中的问题,提出改进措施,提高煤炭资源的回收率^[3]。

结束语

梁北二井透明地质系统构建技术融合多学科理论与先进技术,将在煤矿各环节的应用成果显著。它革新了传统煤矿生产模式,有效提升勘探精准度、优化开采设计、保障安全生产、科学管理资源。随着技术不断迭代升级,未来煤矿透明地质系统有望在人工智能、物联网等新技术赋能下,实现更高效的数据处理与更智能的决策支持,持续推动煤矿行业向智能化、绿色化迈进,成为保障煤炭资源安全、高效开发的核心技术力量。

参考文献

- [1]李志勇,杜少鹏,郭曼,徐吉丰.智能化煤矿透明地质新技术——矿井地震全波形反演技术研究与实践[J].智能矿山,2023,9(06):254-262
- [2]王国法,张建中,薛国华,刘再斌,刘清,李梅,刘军锋,程健,张学亮.煤矿回采工作面智能地质保障技术进展与思考[J].煤田地质与勘探,2023,15(02):132-136
- [3]李梅,毛善君,赵明军.煤矿智能地质保障系统研究进展与展望[J].煤炭科学技术,2023,15(02):334-348