

地质矿产勘查深部找矿方法探析

姚良川

重庆市地质矿产勘查开发局607地质队 重庆 400000

摘要: 随着地表矿产资源减少,深部找矿成为关键发展方向。本文介绍了地质矿产勘查深部找矿面临的挑战,阐述了地球物理、地球化学、钻探等勘查方法,包括重力、磁力、电法勘探,土壤、水系沉积物、气体地球化学测量,常规与定向钻探技术等。多参数融合反演、高光谱遥感与微观蚀变填图等技术优化,提升深部找矿效率与准确性,支撑矿业可持续发展。

关键词: 深部找矿; 勘查方法; 技术优化

引言

在矿业发展进程中,地表及近地表矿产资源因长期开采而日益匮乏,深部找矿成为保障资源供应、推动矿业可持续发展的必然选择。然而,深部地质条件复杂,岩石物理化学性质变化大,地质构造多样,给找矿带来诸多困难。传统勘查方法在深部应用受限,对勘查技术精度和深度要求更高。深部钻探成本高昂,需兼顾经济因素,故探讨深部找矿方法及关键技术优化策略意义重大。

1 地质矿产勘查深部找矿概述

随着地表及近地表矿产资源的日益减少,深部找矿已成为地质矿产勘查领域的关键发展方向,对于保障资源供应、推动矿业可持续发展意义重大。深部找矿旨在探寻埋藏于地下较深部位的矿产资源。这一过程面临着诸多复杂的地质挑战。地下深部地质条件与地表差异显著,岩石经历了更高温度、压力的长期作用,其物理、化学性质发生深刻变化,给准确识别矿体带来困难;深部地质构造复杂多样,断层、褶皱等构造发育,使得矿体的形态、产状和规模更加难以捉摸,增加了找矿的不确定性。从技术层面看,深部找矿对勘查技术的精度和深度提出了更高要求。传统的勘查方法在深部应用时,信号衰减严重,探测效果受限,需要研发和改进更先进的勘查设备与技术,以提高对深部地质信息的获取能力。深部找矿还需综合考虑经济因素。深部钻探等工程成本高昂,如何在有限的资金投入下,合理规划勘查工作,提高找矿效率,降低勘查风险,实现经济效益与找矿成果的双赢,是深部找矿必须解决的重要问题。深部找矿需要综合运用地质、地球物理、地球化学等多种勘查手段,结合先进的计算机技术和数据分析方法,进行系统、全面的研究和探索。

2 地质矿产勘查深部找矿方法

2.1 地球物理勘查方法

2.1.1 重力勘探

重力勘探作为地球物理勘探的重要分支,依托岩石与矿体间的密度差异,通过探测地球重力场的微弱变化,实现对深部地质结构与矿体的间接探查。在深部找矿实践中,超导重力仪、航空重力梯度测量系统等新型设备的应用,大幅提升了重力异常数据的采集精度与覆盖范围。在复杂地质条件下,重力勘探与磁力、地震等方法的联合应用,形成了多源数据融合的勘查模式。通过构建三维重力异常模型,结合区域地质资料,可有效区分矿体异常与非矿地质体异常。在火山岩覆盖区,利用重力与磁力数据的协同分析,能够精准定位隐伏矿体的赋存空间。该方法在深部找矿中展现出独特优势,尤其适用于沉积盆地、结晶基底等区域的深部构造解析。通过分析重力异常的垂向梯度变化,可推断矿体的埋深与产状,为钻探工程提供可靠的靶区定位依据。

2.1.2 磁力勘探

(1) 基于岩石与矿体磁性属性差异,磁力勘探技术通过量化地磁场扰动特征,实现对隐伏地质体的探测。自然界中不同岩矿石呈现出各异的磁性参数,富含磁铁矿等强磁性矿物的地质体会在区域磁场中产生明显异常响应。(2) 利用高精度磁力仪采集磁异常数据,结合区域地质背景综合解译,是深部找矿重要手段。其捕捉岩矿磁性差异,可反演深部矿体定位与形态。岩浆岩区热液活动造就岩矿独特磁性,借此能精准识别相关成矿构造,为深部找矿提供关键线索与依据。(3) 磁力勘探技术凭借其对微弱磁性差异的高灵敏度捕捉能力,为复杂地质条件下深部矿体预测提供了重要技术手段,尤其在磁性矿物富集区,其探测效能表现更为突出,通过建立磁异常与地质体对应关系模型,提升了深部找矿的勘探精度与效率^[1]。

2.1.3 电法勘探

电法勘探以岩石和矿体电学性质差异为基础,通过向地下施加电场或电流,测量其分布变化,探究地下地质结构与矿体分布。不同地质体因矿物成分等因素,存在独特电阻率、极化率等“电学指纹”,为勘探人员识别地下目标体提供关键依据。常用的电法勘探手段包括电阻率法、激发极化法等。电阻率法可通过测定地下不同地质体的电阻率差异,划分地层结构,探寻与矿体相关的低阻或高阻异常区域。激发极化法则能有效识别含矿的硫化物等极化体,其原理是当向地下供电时,极化体在电流作用下会产生超电压,通过测量这种超电压的衰减特性,即可圈定潜在的矿化区域。在金属矿的深部找矿工作中,电法勘探有着广泛的应用。如在我国胶东金矿深部勘查中,利用可控源音频大地电磁法(CSAMT),成功探测到地下数千米处的隐伏矿体,为矿山增储提供了关键依据。

2.2 地球化学勘查方法

2.2.1 土壤地球化学测量

(1)土壤地球化学测量作为深部找矿的关键技术手段,其核心原理基于元素垂向迁移特性,即深部矿体成矿元素通过物理化学作用向地表土壤层迁移,形成具有指示意义的地球化学异常。(2)该方法具体实施流程为:在目标区域开展网格化土壤样本采集,运用高精度分析技术测定样本中主量、微量元素及伴生元素含量,通过统计分析建立元素分布模型,结合地质背景条件绘制地球化学异常图,圈定潜在成矿靶区。(3)在地形复杂或覆盖层较厚的勘查区域,该技术可突破浅表地质体的屏蔽效应,利用元素迁移规律建立深部矿体与地表异常的空间对应关系,为深部找矿工程部署提供科学依据。此方法通过量化分析元素富集特征,实现对深部矿体三维定位的有效约束,提升找矿预测的准确性与可靠性^[2]。

2.2.2 水系沉积物地球化学测量

水系沉积物地球化学测量是地质矿产勘查中一种高效的找矿方法,其核心在于通过采集河流、溪流等水系中的沉积物样本,深入分析样本中元素的含量与分布特征。自然界的水系犹如天然的“搬运工”,凭借其强大的汇聚能力,将流域内各类岩石和矿体中的元素不断搬运,并富集于水系沉积物之中。这些沉积物就像一本“地质档案”,详细记录着上游地质体的元素信息。在实际勘查工作中,专业人员运用精密仪器对沉积物样本进行检测,如果发现某些元素出现异常富集或分布情况,便能敏锐捕捉到线索,沿着水系逆流而上,精准追踪到上游可能存在的矿体。该方法特别适用于大面积区域的初步勘查任务,能在短时间内高效圈定出找矿靶

区,为后续深部找矿工作提供高屋建瓴的宏观指导。相比其他勘查手段,水系沉积物地球化学测量巧妙借助水系的自然搬运与富集特性,拓展了找矿的探测范围,提升了大面积勘查的工作效率,为地质矿产勘查领域快速锁定潜在矿源、节约勘探成本发挥着不可替代的重要作用。

2.2.3 气体地球化学测量

(1)气体地球化学测量聚焦于对源于地下且与矿体存在关联的气体开展检测工作,其中涵盖汞气、氢气、二氧化碳等气体类型。(2)深部矿体中的特定元素会以气态形式自下而上迁移至地表,借助对这些气体浓度与空间分布特征的系统测定,能识别出与深部矿体相关的气体异常现象。如汞气于矿体上方区域易形成显著异常,此特征可作为深部找矿的关键判别依据。(3)该测量技术凭借快速高效、非侵入性的显著优势,在深部矿产勘查领域展现出可观的应用前景。它通过深入剖析气体迁移路径及富集规律,获取独特的地球化学信息,为深部矿体定位提供关键支撑。在实际勘查中,此技术无需大规模破坏地表,可快速锁定潜在矿化区域,大幅提升找矿效率。其获取的地球化学数据能帮助地质人员构建深部地质模型,精准判断矿体赋存状态,是推动深部找矿工作迈向智能化、高效化的重要技术手段。

2.3 钻探勘查方法

2.3.1 常规钻探技术

常规钻探技术是地质矿产深部找矿的关键方法,借助钻机向地下钻进获取岩芯样本,以此探测分析深部矿体。技术人员观察分析岩芯的岩石特性、矿石品位、矿体厚度等信息,可准确判定深部矿体是否存在及其规模。实际操作时,该技术并非随意进行,而是依据前期地球物理与地球化学勘查成果,合理规划钻探工程,验证对深部矿体的预测。钻探期间,钻孔垂直度与取芯质量对勘查数据准确性至关重要。如在某金属矿深部勘查里,运用高精度定向钻探设备,把钻孔倾斜度精准控制在 $\pm 0.5^\circ$ 内,岩芯采取率超95%,为矿体分析提供优质样本。这种直接获取地下地质样本的方式,为深部矿体确认提供直观实物支撑。相关统计表明,在成熟矿区深部勘查中,常规钻探技术与地球物理方法联用,矿体定位准确率超85%,是深部找矿不可或缺的基础技术^[3]。

2.3.2 定向钻探技术

(1)定向钻探技术凭借其其对钻孔轨迹的精确调控能力,在地质矿产勘查深部找矿中占据重要地位。它可依据预设参数在复杂地质构造中实施钻孔作业,通过轨迹优化策略有效规避地层障碍物。在实际应用中,技术人员会结合三维地质模型,运用陀螺仪、随钻测量仪等

设备实时监测钻孔轨迹,根据地层变化动态调整钻进参数。这种精准调控技术,能突破传统钻探的局限性,还能实现深部目标矿体的精准定位,极大提升深部找矿的效率与准确性。(2)该技术在深部矿产勘查场景中具有明显技术优势,尤其适用于深部矿体精细化探测及既有井巷工程周边的加密勘探作业,通过对钻孔轨迹的三维动态控制,能提升钻探施工效率,降低勘探工程成本投入。(3)凭借对钻孔轨迹的高精度控制,定向钻探技术可有效获取深部地质结构与矿体赋存状态的关键数据,增强复杂地质条件下深部矿体勘探的靶向性与实效性,拓展了深部找矿勘探技术的应用边界与技术效能。

3 地质矿产勘查深部找矿关键技术优化策略

3.1 多参数融合的地球物理联合反演技术

在地质构造复杂的区域,仅依靠单一地球物理手段进行探测,往往会因分辨率不足和多解性问题,无法准确锁定深部矿体的具体位置。这就需要搭建一个多源数据融合的体系,把重力、磁法、电法等各类物探方法的优势参数整合起来,借助非线性联合反演算法,实现不同方法间的互补与校正。将高精度重力数据所提供的密度界面限制,与三维电磁测深得出的电阻率成像结果相结合,能清晰地区分含矿构造和围岩接触带;把地震反射剖面的层序特点作为已知信息纳入其中,可提高反演结果的稳定性。该技术借助数值模拟和机器学习算法,对模型参数进行优化,能有效压制干扰异常,增强弱信号的响应,在沉积盆地边缘或者火山岩覆盖区域寻找隐伏矿体时,效果尤为显著。在实际运用过程中,必须建立区域性的物性数据库作为约束条件,以保证反演结果与地质规律相契合。

3.2 高光谱遥感与微观蚀变矿物填图技术

(1)在深部找矿作业里,传统化探方法易受地表覆盖物影响,导致探测结果出现误差。而现代高光谱遥感技术具备波段细分优势,能敏锐捕捉矿物晶体场效应产生的细微光谱差别。尤其借助短波红外波段对羟基、硫

酸盐类矿物的特殊敏感性,可有效识别热液活动所形成的蚀变组合带。(2)显微激光拉曼光谱分析技术以高分辨率和无损检测的特点,在深部找矿中扮演重要角色。运用该技术对岩屑样品次生矿物相态展开研究,能精确识别硅化、绢云母化等蚀变矿物的分布情况。它可实现蚀变强度梯度的定量分析,通过激光聚焦微米级样品区域,获取矿物分子振动光谱,解析矿物成分与结构变化,为深部找矿提供直观蚀变信息,辅助地质人员精准判断成矿潜力与矿体位置。(3)构建多尺度蚀变指数模型,能从宏观到微观精确确定矿化中心三维分布,在斑岩型铜钼矿床勘查中优势明显,可穿透风化壳获取深部流体活动矿物学依据,为钻探工程提供精准指引,提升深部找矿效率与精度^[4]。

结束语

地质矿产勘查深部找矿是一项复杂且极具挑战性的工作,涉及多种勘查方法和技术。通过综合运用地球物理、地球化学和钻探等方法,能够获取丰富的深部地质信息。而多参数融合的地球物理联合反演技术、高光谱遥感与微观蚀变矿物填图技术等关键技术优化策略,进一步提高了深部找矿的效率和准确性。未来科技进步推动深部找矿技术创新完善,保障资源发现,助力矿业可持续发展。

参考文献

- [1]莫钧.地质矿产勘查深部找矿方法探析[J].中国金属通报,2025(1):58-60.
- [2]贾金龙,陈亚飞,张翠.地质矿产勘查深部找矿方法探析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(1):127-130.
- [3]谢婕.地质矿产勘查深部找矿方法的研究[J].世界有色金属,2025(7):49-51.
- [4]肖海,朱志成.地质矿产勘查深部找矿方法探析[J].世界有色金属,2024(17):64-66.