

地质矿产勘探技术在地质找矿中的应用研究

魏小林

中化地质矿山总局陕西地质勘查院 陕西西安 710075

摘要：地质矿产勘探技术作为矿产资源开发的根基，其技术高低直接影响找矿工作的效率和精准度。伴随科学技术的发展，传统地质调查手段已渐渐向高精度、信息化、综合化的方向迈进。本文基于对地质矿产勘探基本原理和主要方法的分析，着重探究了物探、化探、遥感勘查以及地质钻探等现代技术在地质找矿中的实际应用。联合运用多种勘探技术措施，可显著提升找矿的精度和效率，降低勘查面临的风险，达成资源的科学评估与合理开发。基于当下找矿形势，指出了地质勘探技术的发展走向与改进方向，为后续地质找矿工作提供参考。

关键词：地质找矿；矿产勘探技术；物探；化探；遥感技术；地质钻探

引言

地质找矿作为地质工作的关键部分，是开展矿产资源开发与利用的基础。伴随我国经济的持续进步，对矿产资源的需求持续攀升，然而优质矿产资源的储量却在逐步降低，这使地质找矿工作面临新的困境。传统地质调查方法尽管在早期找矿工作里起到了关键作用，但因精度欠佳、周期偏长、成本颇高，难以契合现代找矿需求。地球物理、地球化学、遥感以及计算机信息技术的迅猛发展，为地质矿产勘查提供了全新的技术支持。借助多手段与多尺度的综合勘查方式，既能提升找矿的精准度，又可达成对地下资源的立体认知。本文聚焦于剖析地质矿产勘探技术在地质找矿里的具体运用，同时探究其未来的发展走向，为提升找矿效率、削减勘探成本提供参考。

一、地质矿产勘探技术的基本概述

地质矿产勘探技术是借助地质学、地球物理学、地球化学、遥感技术等多学科理论与技术，对地表及地下矿产资源进行全面调查、分析、预测与评定的科学活动。主要目的是借助科学手段掌握矿体的空间分布特点、储量大小、赋存状况以及成矿规律等重要信息，为矿产资源的科学开发与合理利用提供可靠支撑^[1]。伴随社会经济迅猛发展以及资源需求持续增加，传统地质勘查方式难以达到现代找矿的高精度标准，地质勘探技术正朝着高精度、信息化、数字化和综合化方向迈进。现代勘探并非只看重单一技术的应用效果，更着重多学科、多技术的综合运用，借助地质调查、物探、化探、

遥感、钻探等手段的协同配合，打造多源信息互补的综合勘查体系。通过多维度的数据分析和模型构建手段，可更精准识别地下矿化异常区域，展现矿体的空间构造、成矿过程以及地质演化特性，由此显著提升找矿的精度和效率。

二、地质矿产勘探的主要技术方法及应用

(一) 物探技术在找矿中的应用

物探技术作为地质矿产勘探里的关键方法，依据地球物理学原理，借助对地球物理场异常的测量与分析来推断地下地质结构和矿体分布情况。它依靠岩石和矿体在密度、磁性、电性、弹性等方面存在的差异，识别地下构造特点与矿化异常地带。常用地球物理探测方法主要有重力测量、磁法、电法和地震勘探等。重力与磁法主要借助测量地球重力场和磁场的变动，以判定地下岩石的密度和磁性差异，可高效识别断裂构造、火成岩体以及金属矿体的空间界限。

电法勘探是凭借地下介质导电性能的不同来推断矿化带分布状况的一种技术。金属矿体一般具有较强的导电性，而围岩的导电能力较弱，测量地电异常可有效识别铜、铅、锌等硫化物矿床。近年来，伴随激电法、地电阻率层析成像等新探测技术的问世，电法的分辨率与精度得到显著增强，成为找矿精查阶段的关键技术手段。

地震勘探是借助人工或天然地震波于地下传播、反射和折射的特性，对地层结构与断裂分布进行分析的物理手段。它在煤田和油气资源勘探工作中应用十分广泛，借助地震剖面图可清晰展示地下地层的空间结构。

物探技术有覆盖范围大、工作效率佳、非破坏特性

明显等长处，尤其适合大面积区域普查和初步找矿工作。结合地质调查与化探结果，可达成“由宏观到微观”的综合评判，切实增强找矿的科学性与成功率，为后续钻探验证提供精准依据。

（二）化探技术在找矿中的应用

地球化学勘探技术（化探技术）是依据地球化学原理，对地表介质中化学元素的含量和分布特征加以分析，推断地下矿产资源是否存在及其空间分布规律的勘查手段^[2]。它着重研究地壳内元素的迁移、分异以及富集规律，借助测定土壤、水体、岩石、植物或气体样品里元素的异常情况，挖掘潜在的成矿信息，依据勘查规模及精度的要求，化探可被分为区域化探、细化探和矿区化探三个层级：区域化探主要应用于大范围的普查活动，识别地球化学的异常区域。

实际应用时，化探技术有着灵敏度高、成本低、覆盖面积大的明显长处。例如，针对铜、金、钼等金属矿进行勘查时，化探可察觉地表极为微弱的矿化信号，为探寻隐伏矿床提供关键线索。化探数据与地质、物探资料整合后，可构建起多元综合异常模型，显著提升找矿靶区预测的精准度。此外，伴随分析仪器和数据处理技术的发展，诸如XRF、ICP-MS这类快速自动化的多元素分析方法极大增强了数据的精准度和处理效率。如今的化探工作并非仅停留在二维平面分析层面，而是依靠GIS及三维建模达成空间可视化，将地球化学异常分布与地质构造特征相结合，为深部找矿提供科学依据。化探技术在找矿工作里起到了“桥梁”和“导航”的关键作用，是连接地质背景与矿体分布的关键环节，对提升找矿效率、减少勘查风险意义重大。

（三）遥感技术在找矿中的应用

遥感技术借助卫星或航空传感器来探测地表物体的光谱、热辐射与形态特征，进而对其加以识别、分析和阐释。该技术借助对地表岩石、矿物、地貌和地质构造光谱特征的解析，可宏观呈现矿化蚀变带和构造的分布，为地质找矿提供关键的空间信息。遥感技术的关键优势是覆盖范围大、成本低廉且效率高，特别适合在地形复杂、人迹罕至的区域开展找矿工作。

在矿产勘查实践里，不同波段的遥感影像可展现不同地质信息：利用可见光与近红外波段能够有效识别地表岩性和蚀变矿物；热红外波段可用于探测地下热异常以及矿化活动；雷达遥感具备穿透植被和浅层覆盖物的能力，辨别出地表构造线和断裂带。高光谱遥感技术与

无人机低空遥感技术的诞生，遥感找矿的空间分辨率和光谱精度得到大幅提升，可对矿化蚀变带中的细微成分进行定量识别。

将遥感数据与地质、地球化学和地球物理数据整合。借助GIS（地理信息系统）实施空间叠加分析，可构建多源信息综合找矿模型。该方法既能迅速明确找矿远景区，还能够开展矿化预测与资源评估。伴随人工智能、深度学习等算法的融入，遥感影像识别在自动化与智能化方面不断进步，遥感技术已成为推动地质找矿从经验判断迈向数据驱动的关键力量。

（四）地质钻探技术在找矿中的应用

地质钻探技术作为验证地质、物探、化探成果的关键步骤，是唯一能直接揭示地下矿体真实形态、规模及赋存状态的手段^[3]。钻探作业借助机械钻进手段获取地下岩芯样本，进而剖析岩性特征、矿化类别、矿石质量及构造情况，为矿体储量核算、矿床评估和开采规划提供基础资料，地质钻探在找矿工作里的重要意义，并非仅在验证阶段有所体现，更是整个勘查体系的核心连接要素。

传统钻探技术主要涵盖冲击钻、回转钻和取心钻等手段，伴随科技进步，现代钻探正朝着深部化、定向化、数字化、智能化迈进。定向钻进技术可精准控制钻孔路径，达成对深部或潜在矿体的有效揭露；取心钻探技术借助采集完整岩芯，提升了岩性与矿化带分析的可靠性；数字化测井与钻探监测系统达成了对孔内温度、电阻率、密度等参数的即时采集与剖析，极大增强了数据精准度与施工安全性^[4]。

伴随“三维地质建模”和“数字孪生地质勘查”等新理念的涌现，钻探数据不再处于孤立状态，而是与物探、化探、遥感成果一起构建地质信息系统，实现对地下空间的三维可视化分析。该多数据融合技术使找矿工作的科学性与针对性得以增强。地质钻探作为地质找矿里“验证与确认”的阶段，是实现从理论预测到实际成果转化的关键纽带，其精度和质量直接关乎矿床勘查和后续开发的科学性与经济效益。

三、综合勘探技术与找矿模式创新

在矿产资源勘探领域，综合勘探技术与找矿模式的创新正成为提高找矿成功率的关键手段。传统的找矿方法以地质调查、物化探测和钻探为主，虽然能够提供基础矿体信息，但在复杂地质条件下效率有限。近年来，随着信息技术和人工智能的发展，新型找矿模式不断涌

现,推动勘探方法的智能化与精细化。遥感与地球物理综合勘探技术能够从区域尺度获取地形、地貌、构造及矿化异常信息,通过多源数据融合提高找矿靶区的精确定位能力。大数据分析 with AI 算法的应用正在改变传统勘探模式。利用机器学习、深度学习模型对地质、地球化学、地球物理及历史勘探数据进行训练和预测,可以快速识别潜在矿区和关键异常点,优化钻探布局并降低盲目勘探成本。此外,无人机航测、智能钻探机器人和三维地质建模等技术的结合,实现了高精度、低风险的区域勘探与矿体追踪,为复杂矿体勘探提供了新手段^[5]。综合运用以上技术,不仅提高了找矿效率和准确性,还推动了矿产勘探从经验驱动向数据驱动、智能化管理转型,为矿产资源的可持续开发和科学决策奠定了坚实基础。

综合勘探模式的核心观念是集成地质学、地球物理学、地球化学和遥感科学等多学科的观测与分析手段,创建多源、多尺度、多维度的信息融合架构。借助对不同类型数据开展空间叠加、统计分析以及量化建模,可达成找矿信息的三维可视化与智能化识别。此模式以地质调查为依托,整合物探异常判别、化探元素异常解析与遥感蚀变信息萃取,实现地表至深部的立体化勘查,在开展找矿工作时,经常采用“遥感解译—物探异常—化探验证—钻探确认”这种多阶段联合的工作方式:首先借助遥感影像识别构造线、蚀变带以及可疑矿化区域;其次借助物探测量手段对密度、磁性或电性异常作进一步识别,划定重点靶区;随后利用化探分析开展矿化异常的地球化学验证工作;最终借助钻探来揭示矿体,获得直接证据^[6]。该多手段协同的系统性方法,切实攻克了单一技术易受干扰、识别模糊不清的难题,显著提高了找矿的精准度和效率。

在数据处理和分析阶段,多源信息融合并非仅依赖传统的图件叠加和人工阐释,还着重强调信息的量化与模型化分析。借助地理信息系统,可达成不同数据类型的空间匹配与综合解译,运用地质统计学、机器学习和贝叶斯分析等手段。实施对矿化异常的综合加权评判,搭建成矿有利性预测模型,该模型可依据不同类型数据的权重占比,定量分析预测区域的找矿潜力,进而实现“由经验判断向数据驱动”的科学转变^[7]。

此外,伴随大数据技术和人工智能(AI)的快速发展,地质找矿工作正逐渐迈向智能化阶段。借助AI算法

开展多源数据的深度学习与模式识别,计算机可自动提取地质特征、判定成矿异常并预测靶区。例如,在遥感图像识别里,卷积神经网络(CNN)可自动开展蚀变信息的提取工作;随机森林(Random Forest)以及支持向量机(SVM)算法可从地球化学数据中找出异常组合特征;贝叶斯网络和聚类分析可揭示矿化在空间上的分布规律。这些智能算法的运用,推动地质找矿由“人工分析”逐步转向“机器辅助决策”,大幅提升了数据处理速度与预测精准度。

总结

地质矿产勘探技术是达成科学找矿与资源可持续发展的核心要素。综合运用物探、化探、遥感和钻探等技术,促使找矿工作从传统经验主导转变为数据驱动,大幅提升了找矿精度和效率。地质找矿正遭遇深部矿产勘查难度增加、环境保护要求变高等新挑战,故而要加速技术创新进程,促进多学科融合与信息化发展。未来地质勘探应朝智能化、绿色化、高精度方向演进,达成矿产资源的科学探寻与合理运用,为国家能源安全 and 经济发展筑牢根基。

参考文献

- [1] 蒋忠祥,侯明利,徐超,等.物探新技术在地质找矿和工程勘察中的应用[J].新疆地质,2023,41(S01):90-90.
- [2] 李龙龙.地质矿产勘探在地质找矿中的技术应用[J].世界有色金属,2024(21):91-93.
- [3] 牟品生,刘静涛,马中升.地质矿产勘探在地质找矿中的技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023.
- [4] 陈晨,宫贯乾.遥感找矿技术在地质矿产勘探中的应用探究[J].世界有色金属,2024(7):79-81.
- [5] 胡利.地质矿产勘探在地质找矿中的技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(1):4.
- [6] 段磊,陈东兴,李磊,等.地质找矿勘查中的物化探方法应用研究[J].中国矿业,2024,33(S01):595-598.
- [7] 李龙龙.地质矿产勘探在地质找矿中的技术应用[J].世界有色金属,2024(21):91-93.