

地质矿产勘查及找矿领域的技术方法浅述

杨石磊

陕西地矿汉中地质大队有限公司 陕西 汉中 723000

摘要：地质矿产勘查旨在通过系统性调查与研究，发现、评价和圈定具有经济价值的矿产资源。本文概述了地质矿产勘查的基本原则，并深入探讨了地质填图、砾石与重砂找矿、地球化学与地球物理勘查等关键技术方法。结合现代科技手段，如三维建模、人工智能与大数据分析，本文阐述了这些方法在提升找矿效率与准确性方面的应用，旨在为地质矿产勘查及找矿领域的实践提供理论参考与技术指导。

关键词：地质矿产勘查；找矿领域；技术方法

引言：地质矿产勘查及找矿是保障国家能源安全与经济发展的基础性工作。随着科技进步，该领域不断探索与创新，形成了多种技术方法。本文旨在浅述这些技术方法的基本原理、应用优势及实践策略，为矿产资源勘查提供理论参考与实践指导。通过综合分析，期望能为提高勘查效率与准确性，促进矿产资源可持续利用贡献力量。

1 地质矿产勘查基础

1.1 地质矿产勘查的基本概念

(1) 定义与目的。地质矿产勘查是对地球表层及浅部地质体和矿产资源进行的系统性调查与研究工作。其核心目的在于发现、评价和圈定具有经济价值的矿产资源，为后续的矿产开发提供科学依据。通过勘查，可以了解矿产资源的种类、分布、储量、开采条件等关键信息，为国家能源安全、经济发展和社会进步提供坚实的资源保障。(2) 勘查流程与阶段划分。地质矿产勘查现行规范已优化为三阶段流程：普查、详查、勘探。普查阶段利用遥感、地球物理探测及大数据快速筛选成矿远景区，结合地表工程验证，初步评价资源潜力。详查阶段采用高精度物化探、三维地质建模及AI预测技术，加密采样与钻探，精确圈定矿体，估算资源量。勘探阶段通过系统工程网度和智能化数据分析，查明矿体特征，提交探明储量，并融合绿色勘查理念，评估环境影响。现代技术显著提升勘查效率与精度，缩短勘查周期。

1.2 勘查工作的基本原则

(1) 科学规划，合理布局。地质矿产勘查工作需要科学规划，合理布局。在勘查前，应制定详细的勘查计划和方案，明确勘查的目标、范围、方法和手段，确保勘查工作的有序进行。(2) 环境保护与可持续发展。在勘查过程中，应始终注重环境保护，采取科学合理的勘查手段和方法，减少对环境的破坏和污染。同时，应坚

持可持续发展的原则，合理利用和保护矿产资源，确保矿产资源的永续利用。(3) 综合利用与综合评价。地质矿产勘查应注重综合利用和综合评价。在勘查过程中，应对矿产资源进行全面的评价和分析，了解其共生和伴生情况，以实现矿产资源的综合利用和优化配置。

2 地质矿产勘查技术方法

2.1 地质填图法

(1) 方法概述。地质填图法是一种基础性的地质矿产勘查方法，主要是将地质特征填绘在比例尺相适应的地形图上，全面系统地进行综合性的地质矿产调查和研究，以查明工作区内的地层、岩石、构造与矿产的基本地质特征。(2) 应用原理与步骤。其应用原理在于通过地质理论和相关方法，对工作区进行详细的地质调查和描述，然后将这些地质特征按照一定比例尺绘制在地图上。步骤通常包括地形图的绘制、地质特征的识别和标注，以及综合分析和解释。(3) 优缺点分析。地质填图法的优点在于能够直观地展示工作区的地质特征，为后续的矿产勘查提供详细的地质资料。然而，这种方法需要耗费大量的时间和人力，且受地形地貌等因素的影响较大。

2.2 砾石找矿法与重砂找矿法

(1) 砾石找矿法的具体应用。砾石找矿法是利用矿体露头被风化后所产生的矿砾，在重力、水流、冰川的搬运下形成的散布范围来寻找矿床。该方法特别适用于地形切割程度较高的深山密林地区及勘查程度较低的边远地区。具体应用时，通常沿山坡、水系或冰川活动地带研究和追索矿砾，进而寻找矿床^[1]。(2) 重砂找矿法的实施步骤与效果评估。重砂找矿法则是通过分析各种疏松沉积物中的自然重砂矿物来寻找砂矿和原生矿。实施步骤包括采集样品、分析重砂矿物组成、推断矿源母体的位置和性质等。效果评估则主要依据重砂矿物的分

布范围和含量,以及与其他地质特征的综合分析来确定。重砂找矿法具有经济、有效的特点,特别适用于物理化学性质相对稳定的金属、非金属等固体矿产的寻找。

2.3 地球化学勘查方法

(1) 岩石、土壤、水系沉积物分析技术。地球化学勘查方法是通过调查有关元素在地壳中的分布、分散及集中的规律来发现矿床或矿体。岩石、土壤、水系沉积物分析技术是其中的重要手段。通过分析这些样本中的元素和同位素浓度变化,可以获取与矿化有关的信息。

(2) 元素与同位素浓度变化解读。元素与同位素浓度变化的解读需要结合地质背景、成矿条件以及元素在自然界中的地球化学行为等因素进行综合分析。解读结果可以为矿产资源的勘查和开发提供重要依据。

2.4 地球物理勘查方法

(1) 磁法、电法、放射性测量与人工地震技术。地球物理勘查方法利用地球物理参数的差异来识别地质体。磁法、电法、放射性测量与人工地震技术是其中的几种常用方法。磁法通过观测地磁场的异常变化来推断地质体的位置和性质;电法则通过观测不同岩石的导电性差异来了解地下地层岩石情况;放射性测量可以探测放射性元素的分布和含量;人工地震技术则通过激发地震波来探测地下地质结构。(2) 地球物理参数差异识别地质体。地球物理参数差异是识别地质体的基础。不同的地质体在密度、弹性、导电性、磁性等方面存在差异,这些差异会导致地球物理场的局部变化。通过量测这些物理场的分布和变化特征,结合已知地质资料进行分析研究,就可以达到推断地质性状的目的^[2]。

2.5 遥感勘查方法

(1) 遥感图像数据解译与矿化信息提取。遥感勘查方法是一种非接触式的远距离探测技术。通过解译遥感图像数据,可以获取间接的矿化信息,如地形、植被和土壤变化等。遥感图像数据解译是遥感勘查的核心环节之一,需要专业的解译技术和丰富的地质知识。(2) 地形、植被和土壤变化信息的应用。地形、植被和土壤变化信息在矿产勘查中具有重要应用价值。地形变化可以反映地质构造和岩层的分布特征,有助于识别潜在的矿化带和控矿构造。植被覆盖情况和生长状态可以提供关于土壤肥力和地下水位的线索,而某些植被对特定矿产元素具有指示作用,从而间接指示矿产的存在。土壤颜色、质地和化学成分的变化也可以反映地下岩石类型和矿化作用,为矿产勘查提供重要信息。

3 找矿技术的综合应用与实践:前沿技术与深度整合

3.1 多技术协同勘查与三维建模的深度融合

3.1.1 技术互补性与智能化整合

现代矿产勘查已从单一技术应用转向多学科协同的“智慧勘查”模式。地质填图技术通过高精度数字填图(如无人机LiDAR)实现厘米级构造解析,而高光谱遥感(如WorldView-3)可识别蚀变矿物组合,其空间分辨率已达米级。地球物理方法(如广域电磁法、重力梯度测量)通过三维反演技术可构建深部电性结构模型,而微地球化学勘探(纳米粒子测量)可揭示隐伏矿体的地表地球化学晕。这些技术的互补性不仅体现在数据层面,更需通过人工智能(如深度学习图像分割)实现多源数据融合,例如将遥感蚀变信息与地球物理异常叠加,生成三维成矿概率模型^[3]。

3.1.2 动态勘查方案设计与实时反馈

综合勘查方案需引入“动态优化”理念。以澳大利亚奥林匹克坝矿床为例,其勘探初期通过航空磁测圈定靶区,随后采用瞬变电磁法(TEM)与井中物探验证,最终通过三维地质建模(Leapfrog Geo)动态调整钻探轨迹。这一过程依赖实时数据同化技术,将野外数据即时更新至模型,显著降低勘探风险。未来趋势是结合数字孪生技术,构建勘查区的虚拟仿真系统,实现勘探过程的可视化预演。

3.2 资源量估算与三维地质建模的前沿方法

3.2.1 大数据驱动的资源评价

现代地质资料管理已转向云端数据库(如Geosoft Target),支持多用户协同编辑与区块链存证。例如,智利Escondida铜矿通过集成30年勘查数据,利用机器学习(随机森林算法)预测未勘探区资源潜力。此外,三维地质建模软件(如GOCAD、Micromine)可整合钻孔、物探、化探数据,生成矿体块模型(Block Model),并通过距离幂次反比法(IDW)或克里金插值实现品位空间插值^[4]。

3.2.2 不确定性量化与智能估算

国际标准(如JORC、NI 43-101)强调资源量估算需包含置信度分析。蒙特卡洛模拟可用于评估矿体边界的不确定性,而地质统计学法(如多重指示克里金)可处理复杂品位分布。中国紫金山金铜矿的实践表明,结合三维建模与机器学习品位预测,可将资源量估算误差控制在 $\pm 10\%$ 以内。前沿方向包括量子计算优化反演算法,以及基于生成对抗网络(GAN)的虚拟矿体模拟。

3.3 典型案例分析:技术迭代与教训启示

3.3.1 成功案例:刚果(金)Tenke-Fungurume铜钴矿

该矿床采用“遥感-地球物理-三维建模”技术链:首先通过ASTER遥感识别铁帽与褐铁矿化带,再以CSAMT

法探测高导异常区,最终通过三维建模确定陡倾角矿体空间形态。钻探验证阶段应用了定向钻进(Devico技术),使钻孔轨迹沿矿体走向延伸,单孔见矿率提升40%。

3.3.2 失败反思:某钼矿勘查中的建模偏差

某项目因未采用三维建模,仅依赖二维剖面估算资源量,导致对缓倾斜矿体的体积低估30%。事后分析表明,若早期引入隐式建模(Implicit Modeling)技术,可避免此类结构误判。这一案例凸显了三维可视化在复杂矿体评价中的不可替代性。

3.3.3 未来展望

深部找矿(>1500米)将依赖分布式光纤传感(DAS)与全波形反演技术,而元宇宙平台或可实现全球勘查数据的实时协作分析。技术整合的核心是构建“地质大脑”——即基于AI的多模态数据解译系统,推动找矿从经验驱动向算法驱动跃迁。

4 提高地质矿产勘查与找矿技术的策略

4.1 加强勘查队伍建设

(1) 高素质勘查人才的培养与引进。勘查队伍是地质矿产勘查工作的核心力量。为了提高勘查水平,需要加强高素质勘查人才的培养和引进。一方面,通过与高校、科研机构合作,培养具备地质学、矿产学、地球物理学等多学科知识背景的复合型人才;另一方面,积极引进国内外具有丰富勘查经验和先进技术的专家,为勘查队伍注入新鲜血液。(2) 勘查队伍专业技能的提升途径。为了不断提升勘查队伍的专业技能,需要定期组织培训和学习活动。培训内容可以涵盖最新的勘查技术、地质理论、数据分析方法等方面。同时,鼓励勘查人员参加国内外的学术交流会议和研讨会,拓宽视野,了解行业动态。此外,还可以通过实践锻炼和项目合作,提升勘查人员的实际操作能力和解决问题的能力。

4.2 技术创新与研发

(1) 新勘查技术的研发与应用。技术创新是推动地质矿产勘查事业发展的重要动力。为了适应复杂多变的地质环境和勘查需求,需要加大新勘查技术的研发力度。这包括开发更高效的地质填图技术、遥感数据处理技术、地球物理和地球化学勘查方法等。同时,积极推动新技术的试点应用和示范推广,加速科技成果向现实

生产力的转化。(2) 现有技术的改进与优化。在推动新技术研发的同时,也不能忽视对现有技术的改进和优化。通过对现有勘查技术的深入研究和分析,找出存在的问题和不足,提出针对性的改进措施。例如,优化地质填图的工作流程、提高遥感图像的解译精度、改进地球物理参数的测量方法等。这些改进措施能够进一步提升勘查效率和准确性。

4.3 政策与法规支持

(1) 勘查政策的制定与实施。政策环境对于地质矿产勘查工作具有重要的导向作用。为了营造良好的勘查氛围,需要制定科学合理的勘查政策。这包括明确勘查目标、任务和责任主体,制定勘查工作的规划、计划和实施方案,以及提供必要的资金、技术和政策支持。同时,加强政策的宣传和培训,确保政策得到有效实施。

(2) 法规环境对勘查工作的影响及应对。法规环境对地质矿产勘查工作具有深远的影响。随着国家法律法规的不断完善和更新,勘查工作需要密切关注相关法律法规的变化和要求。这包括了解矿产资源的法律法规、环境保护法规、安全生产法规等方面。同时,积极应对法规环境的变化,调整勘查策略和工作方法,确保勘查工作的合法性和规范性。

结束语

地质矿产勘查及找矿技术的不断进步,为矿产资源的高效开发和合理利用提供了有力支撑。本文综述了多种勘查技术方法,并强调了技术创新与综合应用的重要性。未来,随着技术的持续革新和政策环境的优化,地质矿产勘查领域将迎来更多机遇与挑战。我们期待,通过不断探索与实践,为国家的能源安全与经济社会发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]陈璐妍.矿产地质勘查及找矿主要技术与发展趋势[J].世界有色金属,2024,(10):119-120.
- [2]蔡金定.新时期我国地质矿产资源勘探与地质找矿发展分析[J].地下水,2024,(12):124-125.
- [3]刘绘强.金属矿产勘查工作中地质找矿技术的应用[J].冶金与材料,2023,(07):65-66.
- [4]陈镇海.新时期下地质矿产勘查及找矿技术研究[J].山西冶金,2022,(09):84-85.