

# 小型矿产勘查项目中综合勘查技术的实践应用

徐耸

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110084

DOI:10.61369/ERA.2026020006

**摘要：** 小型矿产在我国矿产资源体系中占据重要地位，其勘查工作具有规模小、地质条件复杂、勘查精度要求高且成本控制严格等特点。综合勘查技术通过整合地质填图、物探、化探、钻探等多学科技术手段，可有效破解小型矿产勘查中的技术瓶颈。本文以小型金属矿产和非金属矿产勘查实例为依托，分析综合勘查技术的应用逻辑与实施流程，重点探讨各技术手段的优化组合策略，希望进一步提升矿产资源储量估算精度。

**关键词：** 小型矿产；勘查项目；综合勘查技术；实践应用

## Practical Application of Comprehensive Exploration Technology in Small-Scale Mineral Exploration Projects

Xu Song

Liaoning Province Geological Mineral Survey Institute Co., Ltd. Shenyang, Liaoning 110084

**Abstract：** Small scale minerals play an important role in China's mineral resource system, and their exploration work is characterized by small scale, complex geological conditions, high requirements for exploration accuracy, and strict cost control. Comprehensive exploration technology can effectively overcome technical bottlenecks in small-scale mineral exploration by integrating multidisciplinary techniques such as geological mapping, geophysical exploration, geochemical exploration, and drilling. This article is based on examples of small-scale metal and non-metal mineral exploration, analyzing the application logic and implementation process of comprehensive exploration technology, focusing on exploring the optimization combination strategy of various technical means, hoping to further improve the accuracy of mineral resource reserve estimation.

**Keywords：** small-scale mineral resources; exploration project; comprehensive exploration technology; practical application

我国小型矿产资源分布广泛，种类繁多，在满足区域经济发展、补充大型矿产资源供给方面发挥着不可替代的作用。然而，小型矿产勘查项目受资金投入有限、勘查区域地质条件多变、矿体规模小且形态复杂等因素制约，传统单一勘查技术往往难以全面获取地质信息，易导致矿体圈定不准确、资源储量估算偏差大等问题。随着勘查技术的不断发展，综合勘查技术凭借多手段协同、多信息互补的优势，逐渐成为小型矿产勘查的核心技术方法。本文基于小型矿产勘查的实际需求，系统探讨综合勘查技术的实践应用策略，旨在为提升小型矿产勘查质量与效率提供可行路径，助力小型矿产资源的科学勘查与合理开发。

### 一、小型矿产勘查项目的核心特征与技术需求

#### (一) 核心特征分析

小型矿产勘查项目与大型矿产勘查相比，具有显著的差异化特征。从规模来看，小型矿产矿体延伸范围较小，厚度变化较大，部分矿体呈透镜状、脉状分布，空间形态不规则，增加了勘查过程中矿体定位与圈定的难度。从资金投入来看，小型矿产勘查项目通常由中小型企业或地方勘查单位主导，资金预算有限，对勘查技术的性价比要求较高，需在保证勘查精度的前提下控制勘查成本。从地质条件来看，小型矿产多分布于复杂地质构造区域，如断裂带、褶皱带周边，地质体之间的接触关系复杂，围岩

蚀变现象多样，单一技术手段难以全面解析地质信息。从勘查目标来看，小型矿产勘查不仅需查明矿产资源的储量与质量，还需明确矿体的空间分布、埋藏深度、顶底板围岩性质等关键信息，为后续开采设计提供精准依据<sup>[1]</sup>。

#### (二) 技术需求导向

基于小型矿产勘查的核心特征，其对勘查技术提出了明确的需求导向。首先，需具备多信息整合能力，由于小型矿产地质条件复杂，单一技术手段获取的信息具有局限性，如地质填图仅能反映地表地质现象，物探技术对部分低阻矿体识别精度不足，因此需要综合运用多种技术，实现地表与地下、宏观与微观信息的互补<sup>[2]</sup>。其次，需具备高效低成本的技术特性，资金有限的背景

作者简介：徐耸（1990-），男，辽宁鞍山人，本科，工程师，研究方向：地质矿产。

下, 勘查技术需在短时间内获取精准信息, 避免重复勘查与无效投入, 如通过前期物探、化探技术圈定有利勘查靶区, 可大幅减少钻探工作量, 降低勘查成本。最后, 需具备精准定位与定量分析能力, 小型矿产矿体规模小, 对矿体边界的圈定精度要求极高, 需通过综合技术手段实现矿体空间位置的精准定位与资源储量的定量估算, 避免资源漏算或误算<sup>[3]</sup>。

## 二、综合勘查技术的体系构成与应用逻辑

### (一) 体系构成

综合勘查技术体系以地质理论为指导, 整合地质填图、地球物理勘查(物探)、地球化学勘查(化探)、钻探工程、实验室测试分析等多种技术手段, 形成“地表调查—靶区圈定—深部验证—储量估算”的完整技术链条<sup>[4]</sup>。其中, 地质填图是基础手段, 通过实地测量、地质点观察、剖面测量等方式, 查明勘查区域的地层岩性、地质构造、围岩蚀变等地表地质信息, 为后续勘查工作提供基础地质框架。物探技术是靶区圈定的核心手段, 常用方法包括高精度磁法、电法(激电法、高密度电法)、重力法等, 通过检测地质体的物理性质差异(如磁性、电性、密度), 识别地下隐伏矿体的空间分布范围。化探技术是矿体追踪的重要手段, 通过采集土壤、岩石、水系沉积物等样品, 分析其中微量元素的含量与分布特征, 圈定地球化学异常区, 为寻找矿体提供直接线索。钻探工程是深部验证的关键手段, 通过钻探获取地下岩芯样品, 验证物探、化探异常的真实性, 查明矿体的埋藏深度、厚度、品位等核心信息<sup>[5]</sup>。

### (二) 应用逻辑

综合勘查技术的应用遵循“由表及里、由浅入深、循序渐进”的逻辑思路, 形成“前期准备—地表综合勘查—深部验证勘查—成果综合分析”的实施流程。在前期准备阶段, 需开展资料收集与分析工作, 包括区域地质调查报告、以往勘查成果、遥感影像资料等<sup>[6]</sup>。明确勘查区域的地质背景与矿产成矿潜力, 制定初步的勘查方案。地表综合勘查阶段, 以地质填图为基础, 同步开展物探与化探工作, 通过地质填图建立地表地质框架, 利用物探技术探测地下隐伏构造与矿体的大致范围, 借助化探技术圈定地球化学异常区, 三者结合圈定出具有成矿潜力的有利靶区, 实现“地表信息全覆盖、异常区精准定位”的目标。深部验证勘查阶段, 针对地表综合勘查圈定的有利靶区, 布置钻探工程进行深部验证, 根据钻探获取的岩芯资料, 修正前期物探、化探异常解释结果, 精准圈定矿体的空间形态、埋藏深度与厚度, 同时采集样品送实验室进行测试分析。成果综合分析阶段, 整合地质填图、物探、化探、钻探及实验室测试的所有数据, 运用地质统计学方法进行资源储量估算, 分析矿体的成矿规律与控矿因素, 形成完整的勘查成果报告<sup>[7]</sup>。

## 三、综合勘查技术的实践应用策略

### (一) 前期准备阶段, 资料整合与方案优化策略

前期准备阶段是综合勘查技术有效应用的基础, 核心在于通

过资料整合明确勘查方向, 通过方案优化提升勘查效率。在资料整合方面, 需构建“多源资料数据库”, 收集区域地质、矿产、物探、化探、遥感等各类资料, 运用 GIS 技术建立空间数据库, 对资料进行标准化处理与叠加分析<sup>[8]</sup>。例如, 在某小型金矿产勘查项目中, 勘查团队收集了区域地质图、以往 1:5 万化探数据、高分辨率遥感影像等资料, 通过 GIS 技术将化探异常区与遥感解译的断裂构造叠加, 发现化探异常区与断裂带高度吻合, 初步判断断裂构造为成矿控矿构造, 为后续勘查靶区圈定提供了重要依据。在方案优化方面, 需根据勘查区域的地质背景与矿产类型, 确定各技术手段的组合方式与实施顺序。对于金属矿产勘查, 可采用“地质填图+高精度磁法+土壤化探+钻探”的组合方案; 对于非金属矿产(如石灰岩)勘查, 可采用“地质填图+高密度电法+岩石化探+钻探”的组合方案<sup>[9]</sup>。

### (二) 地表综合勘查阶段, 多技术协同圈定靶区策略

地表综合勘查阶段的核心目标是通过多技术协同工作, 精准圈定有利勘查靶区, 为后续深部验证提供精准导向。地质填图工作需精细化开展, 采用“全面踏勘+重点测量”的方式, 对勘查区域内的地层界线、构造线、围岩蚀变带、矿化点等地质现象进行详细标注, 编制高精度地质图。在填图过程中, 需结合遥感影像解译结果, 对地表隐蔽的地质构造进行识别, 如通过遥感影像的色调差异识别断裂带与蚀变带, 提升填图精度。物探技术的选择需结合矿产类型与地质条件, 例如, 对于磁性较强的铁矿床, 采用高精度磁法勘查可快速圈定矿体范围; 对于导电性较好的铜、铅锌矿体, 采用激电法可有效识别地下隐伏矿体。在某小型铅锌矿勘查项目中, 勘查团队通过地质填图发现地表存在铅锌矿化点, 随后采用激电法进行剖面测量, 发现地下存在明显的高极化异常区, 异常范围与地表矿化点延伸方向一致, 初步圈定了矿体的分布范围。化探技术需注重采样介质与采样密度的选择, 土壤化探适用于地表覆盖较薄的区域, 水系沉积物化探适用于地形复杂、地表覆盖较厚的区域。采样过程中需严格控制采样深度、样品重量等参数, 确保样品的代表性, 实验室测试需采用高精度测试方法, 如电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS), 提高微量元素分析精度。通过地质填图、物探、化探技术的协同分析, 将地质体分布、物理异常、地球化学异常进行叠加, 圈定出“地质条件有利、物探异常明显、化探异常显著”的有利勘查靶区<sup>[10]</sup>。

### (三) 深部验证勘查阶段: 钻探与测试精准匹配策略

深部验证勘查阶段是查明地下矿体真实情况的关键, 需实现钻探工程与测试分析的精准匹配, 确保获取的地质信息准确可靠。钻探工程设计需基于地表综合勘查结果, 采用“由浅入深、逐步加密”的原则, 在有利靶区布置钻探剖面, 第一个钻孔需布置在异常中心位置, 根据第一个钻孔的岩芯资料调整后续钻孔的位置与深度。钻探过程中需严格执行岩芯编录制度, 详细记录岩芯的岩性、矿化程度、蚀变特征、矿体厚度等信息, 同时采用钻孔地球物理测井技术(如井中磁测、井中电测), 对钻孔周边的地质体进行探测, 扩大勘查范围, 避免遗漏矿体。例如, 在某小型金矿勘查项目中, 第一个钻孔在地下 150 米处发现厚 2.5 米的金矿体, 通过井中磁测发现钻孔南侧 50 米处存在明显磁异常, 随后

调整钻孔位置,在右侧布置的钻孔中发现厚3.2米的金矿体,大幅提升了勘查成果。样品采集与测试需遵循“精准取样、科学测试”的原则,在矿体段采用连续取样方式,样品长度根据矿体厚度确定,一般为0.2-0.5米,确保样品能真实反映矿体的品位变化。实验室测试需根据矿产类型选择针对性的测试项目,金属矿产需测试主要有有益元素含量、有害元素含量等指标,非金属矿产需测试化学成分、物理力学性能等指标。

#### (四) 成果综合分析阶段:数据整合与储量精准估算策略

成果综合分析阶段是综合勘查技术应用的收尾环节,核心在于通过多源数据整合,实现资源储量的精准估算。数据整合需构建“地质-物探-化探-钻探-测试”一体化数据库,对各类数据进行标准化处理,消除数据误差。例如,将地质填图获取的地表地质界线、物探解译的地下构造线、钻探获取的矿体产状数据进行叠加,建立三维地质模型,直观展示矿体的空间分布形态。储量估算需根据矿体的形态特征与勘查数据精度,选择合适的估算方法,小型矿产常用的估算方法包括地质块段法、剖面法、多边形法等。对于形态规则、勘查工程控制程度高的矿体,可采用地质块段法;对于呈脉状、透镜状分布的矿体,可采用剖面法。在储量估算过程中,需严格遵循相关规范要求,确定合理的工业

指标(如边界品位、最低工业品位、可采厚度等),对矿体进行圈定,同时采用地质统计学方法对品位数据进行分析,降低品位估算误差。例如,在某小型石灰岩矿勘查项目中,勘查团队通过三维地质模型整合了12个钻孔的岩芯数据与测试数据,采用地质块段法估算资源储量,估算结果与后续开采实际储量的偏差仅为3.2%,满足勘查精度要求。此外,成果综合分析还需对勘查过程中发现的成矿规律进行总结,如分析矿体与地质构造、围岩蚀变的关系,为后续同类矿产勘查提供参考。

## 四、结束语

综上所述,综合勘查技术通过多学科技术手段的协同应用,有效破解了小型矿产勘查中地质条件复杂、资金有限、精度要求高的难题,为小型矿产资源的精准勘查提供了核心技术支撑。本文通过分析小型矿产勘查的特征与技术需求,阐述了综合勘查技术的体系构成与应用逻辑,从前期准备、地表勘查、深部验证、成果分析四个阶段提出了具体实践应用策略,并通过案例验证了其应用效果。实践表明,科学合理的综合勘查技术方案能显著提升勘查质量与效率,降低勘查成本。

## 参考文献

- [1] 吴磊. 遥感蚀变异常在地质矿产勘查中的应用分析[J]. 世界有色金属, 2024, (20): 135-137.
- [2] 李伟, 李艳菊, 王焯. 煤系矿产资源综合勘查开发研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (07): 178-180.
- [3] 王素琴. 露天非金属矿产资源综合勘查模型构建[J]. 能源与环保, 2022, 44(06): 133-138.
- [4] 肖丹, 宋泽友, 宋维国. 我国岩浆硫化物型镍矿床伴生矿产综合勘查评价指标探讨[J]. 国土资源导刊, 2022, 19(01): 48-53.
- [5] 李长彦. 煤炭资源共生矿产综合勘查评价及开发利用浅析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (04): 180-181.
- [6] 黄贤营, 张雪, 马少强. “十四五”时期我国矿产勘查经济发展新路径[J]. 中国国土资源经济, 2021, 34(02): 64-68.
- [7] 李成, 周旭林, 赵芳芳, 等. 矽卡岩型铁矿床伴生矿产特征及综合勘查评价指标探讨[J]. 矿产勘查, 2020, 11(10): 2157-2162.
- [8] 陈守余, 赵江南, 睢瑜. 案例教学法在“矿产综合勘查技术”课程教学中的应用[J]. 中国地质教育, 2020, 29(01): 81-85.
- [9] 陈新军. 油气共生矿产综合勘查评价发展现状与趋势[J]. 中国国土资源经济, 2020, 33(05): 34-38.
- [10] 冯岩, 张春华, 杨才, 等. 鄂尔多斯盆地(内蒙古境内)能源矿产叠置组合特征与综合勘查开发建议[J]. 西部资源, 2019, (04): 185-189.