

Analysis of geological and mineral exploration methods and protection strategies

Yaohan Zhang

Third Geological Survey Institute of Jilin Province, Siping, Jilin, 136000, China

Abstract

Geological and mineral exploration, which involves the investigation of mineral resources, requires the integration of geophysical exploration techniques, remote sensing technology, and drone technology to conduct a detailed analysis of regional geological conditions, which demands high technical standards. In this context, it is essential for staff to master the methods of geological and mineral exploration. Staff must design various exploration methods based on specific needs and regional geological conditions to ensure the accuracy and completeness of data collection. Additionally, to avoid safety risks during the exploration process, practical and effective protective measures must be established to ensure the smooth progress of the exploration. This article starts with geological and mineral exploration, designs exploration methods, and formulates protective strategies to ensure the safety of exploration operations, thereby promoting the development of geological and mineral exploration.

Keywords

geological and mineral exploration; safety protection; monitoring

地质矿产勘查的方法及防护策略分析

张瑶函

吉林省第三地质调查所, 中国·吉林 四平 136000

摘要

地质矿产勘查作为对矿产资源进行勘查的作业, 需要结合地球物探技术、遥感技术以及无人机技术等, 对区域地质状况进行详细分析, 技术要求较高。此背景下, 就需要工作人员掌握地质矿产勘查的方法。要求工作人员结合需要以及区域地质, 设计不同的勘查方法, 以保证数据收集的精准度与完整性。而且为了规避勘查环节的安全隐患, 还需要制定切实可行的防护策略, 保证勘查的顺利开展。本文就从地质矿产勘查入手, 对勘查方法进行设计, 并且制定防护策略, 以保证勘查作业的安全性, 推动地质矿产勘查的发展。

关键词

地质矿产勘查; 安全防护; 监测

1 引言

地质矿产勘查环节, 由于地质状况较为复杂, 再加上矿产资源的分布较为特殊, 勘查的开展就存在一些难点。此背景下, 为了推动地质矿产勘查的顺利开展, 工作人员必须结合先进技术, 合理制定勘查方法。并且结合不同的地质状况, 设计不同的勘查方法, 保证勘查的有效性。同时还需要设计防护策略, 针对勘查环节可能存在的难点进行预防, 保证勘查的安全性。

2 地质矿产勘查概述

地质矿产勘查是一个综合性极强的专业领域, 旨在发现、评价和探明地下的矿产资源。它是矿业产业链的起点,

可以为后续的矿山设计、开采和选冶提供基础依据。目标方面, 勘查的主要目标是通过各种技术手段, 在特定区域内寻找可能具有经济价值的矿体。需要确定已发现矿床的规模、形态、产状、品位、矿石质量、开采技术条件、水文地质条件、环境地质条件等。为矿山投资决策提供可靠的地质依据, 降低勘探和开发风险。工作阶段, 要求相关人员结合地质方法、地球物理方法、地球化学方法、遥感方法以及信息技术等进行区域地质调查、矿产普查、矿产详查、矿产勘探^[1]。这就导致地质矿产勘查较为复杂, 需要相关人员加强对其的重视与分析。

3 地质矿产勘查的难点

地质矿产勘查是一个充满挑战的领域, 作业的难点分布在整个勘查流程中, 制约勘查的顺利开展, 为了保证勘查的顺利开展, 对难点的研究就十分必要。实际来看, 地质矿产勘查的主要难点包括以下方面。

【作者简介】张瑶函(1990-), 男, 本科, 助理工程师, 从事地质找矿研究。

3.1 地质本质的复杂性与不确定性

我国地质状况较为复杂，这就为地质矿产勘查带来了根本性的难点。首先，多数矿床深埋地下，地表无直接露头，覆盖层（如厚层土壤、冲积物、风成沙）屏蔽矿化信息，传统地表方法失效；其次，地质条件极端复杂，一些特殊地质如断层、褶皱等会使矿体形态支离破碎、位移或重复，难以建立连续模型。而且多次地质事件可能导致矿物组合、品位空间分布高度不均。再加上围岩蚀变多样、岩相突变，也会干扰地球物理/化学信号解译。

3.2 技术方法的局限性

勘查环节，一些技术的限制较大，也会影响勘查作业的开展。首先，大深度探测技术如深穿透地球物理的分辨率低，难以识别小型/薄矿体。高精度方法（如高密度电法、精确定量化探）探测深度浅，对深部矿束手无策；其次，同一异常可能由矿体或干扰体引起，勘查人员难以分辨。而且矿化信息在迁移过程中会产生衰减畸变，也制约勘查的落实；然后，钻探技术还存在成本与效率制约，深孔钻探（1500米）成本高昂，工期长，风险大^[2]。而且复杂地层（破碎带、涌水、高地温）钻进困难，取芯率低，数据质量下降。

3.3 存在数据分析与资源评价的挑战

依靠有限钻孔数据构建复杂矿体三维模型，存在矿体边缘、深部不确定的状况，会影响勘查的精准度。而且品位分布高度不均时，传统统计学方法（克里金法）可能失效。再加上选冶回收率、开采贫化率等参数预估偏差影响储量可信度，都会影响勘查的开展。

这些难点的存在都直接影响地质矿产勘查的开展以及精准度，实际作业环节，就需要勘查人员深入分析这些难点，并且制定切实可行的解决策略。

4 地质矿产勘查的方法

地质矿产勘查环节，由于还存在一些难点，就需要相关人员深入分析，采用合适的技术，保证勘查顺利开展，常见的方法主要包括以下几种。

4.1 需要根据进度的不同合理选择方法

地质矿产勘查环节，不同时期对于技术的需求不同，需要工作人员合理设计。首先，在预查与普查阶段，可以采用地质填图法这种基础性方法，通过野外实地观测和遥感解译，编制地质图，分析地层、构造、岩性及矿化线索。也可以采用砂测量法，采集河流或坡积物中的重矿物（如金、锡石等），通过追踪重砂分布溯源原生矿体。适用于水系发育区，效率高但受地形限制。其次，在详查与勘探阶段，可以使用磁法，探测磁性矿体（如铁矿、基性岩体），航空磁测效率高。也可以使用电法，通过电阻率差异识别硫化物矿床或地下水，常用激发极化法（IP）^[3]。还可以通过重力法、地震法、钻探以及坑探等技术，开展详细的勘查，保证数据收集的完整度。

4.2 现代化技术的应用

随着科学技术的发展，越来越多的先进技术逐渐应用到地质矿产勘查中，也需要勘查人员进行掌握。首先是遥感与空间技术，可以卫星/航空遥感解译构造线和蚀变带，结合光谱分析识别矿化异常区（如羟基、铁染异常）。该技术借助卫星进行大范围的监测，可以对范围内的矿产资源进行勘查，效率较高的同时也能够降低地质状况的影响。其次是同位成矿理论的应用，该技术基于成矿热中心稳定性，分析深大断裂与次级断裂的交汇部位，指导隐伏矿定位（如斑岩铜矿）。相较于其他技术而言，该技术能够根据历史经验对区域矿产进行确定，在勘查环节具有效率较高的优势。然后是三维地质建模技术，该技术需要结合 Surpac、Micromine 等软件，整合物化探、钻孔数据构建矿体三维模型，优化勘探工程布设与资源量估算。该技术能够直观地将整个矿产状况展示在勘查人员眼前，方便勘查人员对矿产资源状况进行精准分析。综上，现代化技术的应用很大程度上提升了矿产勘查的效率与质量，就需要工作人员结合需要，合理进行选择应用。

4.3 地质填图法

地质填图是较为常见的技术，可以将矿产状况展现在地图中，方便工作人员识别区域状况。作业环节，工作人员应结合野外踏勘，按网格或路线穿越法观测露头，记录地层岩性、构造产状、蚀变矿化现象（如褐铁矿化、石英脉）。收集区域地质资料、卫星影像和地形图。然后要建立基础地质框架，识别成矿地质条件。之后就需要绘制地质图（标注断层、岩体边界、矿化点），并在此基础上圈定成矿有利区（如断裂交汇处、接触带）。同时还需要确定填图比例尺（普查阶段 1:5 万，勘探阶段 1:1 万）。这样就能够将区域内的各项矿产资源状况标注在地图中，方便勘查人员了解。

4.4 水系沉积物测量技术

水系沉积物测量是以水系沉积物为采样对象所进行的地球化学勘查工作，需要调查人员根据沉积物对区域内的矿产资源的探测，可以快速筛查大面积隐伏矿化异常。作业环节，工作人员需要根据 4~16km² 个点的密度在二级以上水系交汇处下游布设采样点，如果地质较为复杂，可以多设。然后采集河床细粒沉积物进行检测，采集环节应避免污染源，并将其运输到实验室。之后就需要进行实验室分析，测试 Cu、Pb、Zn、Au 等 20+ 元素含量，并且计算异常阈值。最后就可以根据测量到的数据绘制元素等值线图，追踪高值区至源头。通过这种方法，可以较为快速地对大面积隐藏矿产资源进行勘查，强化了勘查的效率。

4.5 土壤地球化学测量

土壤地球化学测量简称土壤测量，是通过系统采集地表疏松覆盖物样品，分析其中元素含量或其他地球化学特征，发现土壤异常，以达到矿产勘查目的的地球化学勘查方法。作业环节，该技术主要用于精确圈定浅覆盖区矿化范

围。开展过程中,首先要进行网格布设,需要在详查区按 $100 \times 40\text{m}$ 网度进行网格的布设。如果要求较高,还可以加密至 $20 \times 20\text{m}$ 。然后在淋积层进行采样。其次要进行样品处理,一般过筛取80目粒级,并且干燥后送实验室多元素分析。最后就需要识别元素组合,如Au-As-Sb套合异常指示金矿。并且结合地质构造判断异常源,判断矿产资源的具体状况。

综上,地质矿产勘查需要掌握确切的方法,并且掌握这些方法的标准化流程,以系统降低勘查风险,显著提高找矿效率。

5 地质矿产勘查的防护策略

地质矿产勘查环节,还存在一些安全风险,就需要工作人员根据风险的类型,制定合适的防护策略,以保证勘查的安全性。

5.1 应重视人员与设备的安全防护

矿产资源勘查环节,部分矿区需要专业的技术人员使用专业设备进行作业,在一些较为崎岖的地区,设备以及人员就容易出现安全隐患,需要开展人员以及设备的防护。

一方面,在陡坡/悬崖作业时,应使用双绳保护系统(主绳+安全绳),配备登山安全带、岩钉。高原区需要配备便携式氧气瓶(海拔 $>4500\text{m}$),并且在雷雨天气禁止使用金属设备。在毒蛇出没区,工作人员必须穿戴高帮防刺靴,携带抗蛇毒血清。针对猛兽区,需要配备驱熊喷雾。此外,接触放射性矿物(如铀矿)时,必须穿戴铅防护服,佩戴个人辐射剂量计(限值 $< 20\text{mSv/年}$)。而且防尘口罩过滤等级应 $\geq \text{N95}$ 。

另一方面,仪器设备防护环节,针对设备的运输,需要三级防震箱,确保震动 $< 5\text{G}$,避免设备的损坏。在潮湿环境作业时,电子设备需要封装防水膜,还需要进行每日干燥剂更换。

综上,设备与人员的安全防护十分重要,矿产勘查人员必须根据勘查需要,合理进行设计,规避可能存在的安全风险。

5.2 环境保护策略

地质矿产勘查中的一些技术会对周围环境造成影响,也需要针对性地开展环保策略。一是要设计生态敏感区操作规范,禁止在国家级保护区核心区施工。在草原区进行勘查时,需要采用无痕勘探的方法,规避对外界环境的影响。

实操环节,可以通过直升机吊运钻机,而且道路宽度需要 $\leq 3\text{m}$,以减少植被破坏。二是污染防控的开展,钻探作业时,钻探泥浆池需要铺设HDPE防渗膜(厚度 $\geq 1.5\text{mm}$)。还需要开展废浆固化处理,保证重金属浸出浓度 $< 0.1\text{mg/L}$ 。需要注意的是,化探采样后应回填探槽,剥离表土还需要单独堆放,用于复垦。

5.3 应重视社区与法律防护

地质矿产勘查会对周围环境产生影响,周边的社区生产生活受到的影响就较大。所以实际勘查环节,还需要工作人员根据法律条文,对社区居民进行补偿,保证其生命财产的安全。实际操作环节,可以在勘查前举行社区听证会(尤其少数民族聚居区),签订用地补偿协议(如青苗补偿标准 \geq 当地粮价3倍)。为了降低社区居民的抵抗心理,也可以雇用30%以上当地居民参与辅助工作(如样品搬运),降低冲突风险。此外自身也需要满足法律需要,勘查单位必须具备四证一书,即探矿权证、环评批复、安全预评价、用地许可、社区同意书。这样才能够开展作业,还必须禁止在基本农田、饮用水源地布设重型工程,避免对自然环境以及农业环境的破坏。综上,通过系统性防护策略,可显著降低事故率,避免项目因违规停工,实现安全与效益的双重保障。

6 结语

综上所述,随着科学技术的发展,越来越多的高新技术手段出现在地质矿产勘查工作中,为地质矿产勘查提出了创新工作方法。工作人员要加强勘查任务中的安全防护措施,加强对自身的保护。相信随着高新技术在我国勘查技术研究的深入,将会出现更多高新技术并运用于勘查工作中,给勘查工作带来创新与变革,最终带动我国地质矿产勘查工作向着更加快速、蓬勃的方向发展。而且为了保证勘查工作的顺利与安全,单位还需要结合勘查方法,合理制定专业的防护策略,规避勘查环节可能存在的人员受伤、设备损坏以及社区冲突,保证勘查的开展。

参考文献

- [1] 邢瑞龙. 地质矿产勘查及绿色勘查技术[J]. 中国金属通报,2024(19):125-127.
- [2] 李西元. 地质矿产勘查和深部地质钻探找矿技术研究[J]. 世界有色金属,2024(24):76-78.
- [3] 战洪雷,胡甲齐,王英楠. 地质矿产勘查中的三维地质建模与应用[J]. 中国金属通报,2024(13):103-105.