

Reflection on the Common Methods of Geological Exploration of Metal Minerals

Jingjing Ao

Yunnan Zongchuan Holding Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650228, China

Abstract

As an important cornerstone of the development of human society, mineral exploration has always played a pivotal role in the development and utilization of resources. With the rapid growth of the global economy, the demand for metal minerals also continues to grow, which makes the geological exploration of metal minerals is particularly important. Metal minerals not only have high economic value, but also are indispensable strategic resources in national industry, science and technology, national defense and other fields. Therefore, it is of great significance to carry out the geological exploration of metal minerals efficiently and accurately to ensure the national resource security and promote the economic and social development.

Keywords

metal minerals; geological exploration; significance; common methods

金属矿产地质勘查常用方法思考

敖晶晶

云南省昆明市宗传控股有限公司, 中国·云南昆明 650228

摘要

矿产勘查作为人类社会发展的基石, 一直以来在资源开发和利用中扮演着举足轻重的角色。随着全球经济的快速增长, 对金属矿产的需求也在持续增长, 这使得金属矿产地质勘查显得尤为重要。金属矿产不仅具有高度的经济价值, 还是国家工业、科技、国防等领域不可或缺的战略资源。因此, 高效、准确地开展金属矿产地质勘查工作对于保障国家资源安全和促进经济社会发展具有重要意义。

关键词

金属矿产; 地质勘查; 意义; 常用方法

1 引言

金属矿产通常具有分布广泛、赋存状态复杂、成矿规律多变等特点, 这使得金属矿产的勘查工作既充满挑战又富有创新空间。地质勘查作为一种直接探索地下资源的重要手段, 能够通过科学的方法和技术, 揭示地下的地质构造、矿体分布和赋存规律, 为金属矿产的开发利用提供重要依据。

2 金属矿产地质勘查概述

2.1 金属矿产资源形成的条件与原因

首先, 地球内部高温高压的环境是金属矿产资源形成的重要前提。地球形成之初, 大量金属元素聚集在地球内部的高温高压环境中, 经历了一系列地质作用, 最终形成了金属矿产资源。

其次, 板块构造作用是金属矿产资源形成的重要动力。

板块运动过程中, 地壳物质发生大规模的熔融、岩浆活动和挤压变形, 为金属矿产资源的形成创造了有利条件。例如, 板块运动引发的火山活动、热液活动等地质过程, 为金属矿产资源的形成提供了重要的地质条件。

再次, 在地球化学过程中, 金属元素会发生溶解、沉淀、迁移和富集等一系列变化, 最终形成富集程度较高的矿产资源。例如, 在岩浆分异过程中, 金属元素会随着岩浆的冷却和结晶分离而发生富集, 形成矿床; 在热液活动过程中, 金属元素也会随着热液的运移和沉淀而聚集成矿; 在风化、搬运和沉积过程中, 金属元素也可能发生富集, 形成沉积型矿床^[1]。

最后, 不同的地质构造环境和地质演化历史, 会导致金属元素的分布和富集程度存在较大差异。例如, 在板块边缘活跃地区, 板块碰撞、俯冲等构造运动常常会形成大量的金属矿产资源; 而在稳定的大陆地区, 则更容易形成沉积型矿床。

2.2 金属矿产勘查的主要对象

金属矿产主要包括黑色金属矿产、有色金属矿产、贵

【作者简介】敖晶晶(1986-), 男, 中国贵州绥阳人, 硕士, 助理工程师, 从事矿产普查与勘探研究。

金属矿产和放射性矿产等。

黑色金属矿产主要包括铁、锰、钒、钴等矿产，是现代工业的基础原料。铁矿资源是勘查的重中之重，主要赋存于火成岩、变质岩和沉积岩中；锰矿主要赋存于沉积岩层及风化残留体中，是重要的合金成分；钒矿和钴矿常与其他矿产共生，是特种钢铁和新型材料的关键元素。

有色金属矿产包括铜、铅、锌、锡、铝、镍、钼等矿产，应用领域广泛。铜矿主要赋存于火成岩和沉积岩中，常与其他金属矿共生；铅锌矿主要产于热液沉积矿床，勘查需重点关注构造带和富矿层位；锡矿常见于火成岩和矽卡岩中；钼矿以铝土矿为主，广泛分布于风化壳中；镍矿主要赋存于基性超基性岩中，与铂族金属矿产常共生；钼矿主要见于花岗岩和斑岩中。

贵金属矿产主要包括金、银、铂族金属等矿产，具有极高的经济价值。金矿主要赋存于火成岩、变质岩和沉积岩中，常与硫化物矿共生；银矿多见于中温热液矿床，与铅锌矿常伴生；铂族金属矿主要产于基性超基性岩浆岩中，勘查需关注岩浆分异和构造控矿作用。

放射性矿产主要包括铀矿和钍矿等，是核能工业的重要原料。铀矿主要赋存于沉积岩和变质岩中，常与有机质矿化作用相关；钍矿主要见于碳酸盐岩和黑色页岩中。

2.3 金属矿产勘查的作用与意义

首先，金属矿产是工业生产和国防建设的重要原材料，对保障国家经济安全和维护国家利益具有战略意义。金属矿产勘查为矿产资源的持续开发利用提供了前期基础数据和科学依据，是确保矿产资源供给、支撑国民经济持续健康发展的关键。如铁矿资源是钢铁工业的命脉，铜、铝等有色金属矿产是电力、机械、交通等领域的基础原料，贵金属矿产在金融、电子等领域不可或缺。

其次，金属矿产勘查对于区域经济社会发展也发挥着重要作用。矿产资源开发是许多地区支柱产业和经济增长点，矿山建设可带动基础设施建设、促进就业、带动相关产业发展。金属矿产勘查不仅为矿产资源开发提供了地质数据支撑，还为项目决策、选址、环评等提供了依据，为矿山建设和矿区经济社会发展奠定了基础。

最后，金属矿产勘查对于保护生态环境、促进资源节约集约利用也具有重要意义^[2]。通过勘查评价矿产资源的赋存状况和品位分布特征，可以合理规划开采方式和选矿工艺，最大限度地提高资源回采率，减少资源浪费。同时，勘查数据还可为矿山环境治理、土地复垦等提供依据，促进矿产资源的绿色开发利用。

2.4 金属矿产勘查中地质找矿的要求

一方面，地质找矿需要建立在科学的找矿理论基础之上。找矿理论是勘查工作的理论指导，包括对矿床成因类型、成矿规律、矿床构造和矿床地球化学等方面的认识，不同类型矿床形成的地质条件存在显著差异，对应的找矿理论和找

矿标志也不尽相同。因此，在具体勘查实践中，必须准确把握目标矿床的成矿特征，选择合理的找矿理论作为依据。

另一方面，识别和利用各种找矿标志是矿产勘查的关键所在。找矿标志包括构造标志、岩浆标志、沉积标志、变质标志和地球化学标志等，它们反映了矿床形成的地质环境条件。在勘查过程中，通过对这些标志的识别和综合分析，可以确定成矿有利构造带和成矿有利区，从而提高找矿的针对性和精度。

3 金属矿产地质勘查常用方法

3.1 地质填图法

地质填图法是通过露头、临时探矿工程及其他地质现象的观察和测绘，直接获取矿床产状、围岩特征、构造形迹等一手资料，为勘查工作提供了最直接、最可靠的地质信息。

第一，在准备阶段，需要收集整理已有的地质资料，设计合理的工作方案。第二，在野外填图阶段，需要按照设定的线路和比例尺，对沿途露头、探矿工程等进行细致的观察和测量，并将所见所得的各种地质现象及时绘制在地形图上，在这个过程中，需要注意保持足够的露头密度，确保各种地质信息的完整性。同时，还要对矿体及其围岩环境进行采样，为后续的室内分析做好准备。

在填图工作结束后，需要对野外数据进行整理和分析，完成成图工作。这个阶段需要对各种地质现象进行合理的解释，厘清各要素之间的相互关系，并依据规范要求将各种地质信息用适当的符号和图例表示在图件上，形成规范化的地质图件成果。在此基础上，还需要撰写相应的地质报告，对矿床的特征、成因和找矿远景等内容进行总结和评述，如图2所示。

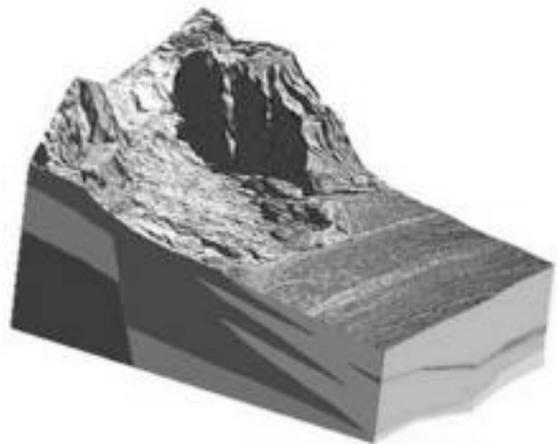


图2 地质填图法模型

3.2 重砂找矿法

重砂找矿法是一种常用的物探手段，主要应用于重力分异矿床的勘查。该方法利用矿石和围岩密度差异导致的重力异常特征，通过分析和解释重力异常数据，从而确定潜在

矿体的位置和形态。重砂找矿法具有操作简便、成本较低、适用范围广等优点，在铁、锰、锡等重砂矿产勘查中发挥了重要作用。

重砂找矿法的应用通常包括以下几个主要步骤：首先是勘查预备工作，需要根据已有的地质资料，对矿区的地质背景、构造特征和成矿理论进行全面分析，初步判断找矿靶区和目标矿种，从而确定重力勘查的必要性和可行性；接下来进行现场测量，需要合理设计测量网格，选择适当的仪器和方法开展精密重力测量，获取高质量的原始数据^[1]。

原始重力数据的处理是重砂找矿法的核心环节。需要对原始数据进行标准化处理，包括高程校正、环境校正、潮汐校正等，消除各种干扰因素的影响，获得反映地下密度分布的残余重力异常值。然后，根据勘查目的和异常特征，选择合适的数据处理方法对异常数据进行解析，如上、下继续解析、滤波分量解析等，以增强异常的分辨率和可靠性。

在异常解释阶段，需要综合运用多种定性和定量解释方法，确定异常源体的空间位置、形态和尺度参数，并与其他地质、地球物理和化探资料相互印证，判断异常体的成因类型和富矿性。常用的定性解释方法包括异常分带、异常等值线等；定量解释方法则有三维反演建模、埋深公式计算等。异常解释结果是确定需要重点查证的靶区的关键依据。

在靶区查证阶段，需要根据异常解释结果，合理布置钻探工程，直接探明矿体的赋存状况。同时，还需结合钻探岩心资料，对重力异常的成因进行验证和修正。如发现异常源体为富矿矿体，则需开展进一步的资源储量评价工作；如为贫矿或非矿异常体，则需重新分析异常解释结果，调整找矿靶区。

3.3 砾石找矿法

砾石找矿法通过利用砾石的物质组分及其形态特征所蕴含的地质信息，反映其源区的岩石类型、成矿条件和成矿程度。砾石的矿物组成可以反映源区岩石的成分特征；砾石中的微量元素含量可以指示源区的矿化蚀迹；砾石的形态特征如磨圆程度、风化程度等，则可以反映其搬运过程和搬运距离。通过对这些信息的综合分析，可以较为准确地确定砾石的来源区位置，从而发现潜在的成矿远景区。该方法操作简便、成本较低，在矿产勘查的区域普查和远景评价阶段具有重要应用价值。

在实际勘查工作中，开展砾石找矿需要遵循一定的操作流程和技术要求。首先在砾石采样阶段，需要沿河流或冰川的不同分支和不同位置，系统布设采样点，采集足够数量

的砾石样品；其次是实验室测试阶段，需要对砾石样品进行矿物鉴定、化学分析、形态观察等多项测试，获取砾石的矿物组成、化学成分和形态特征数据；最后是数据处理阶段，需要对测试数据进行统计和分析，找出具有矿化蚀迹的异常砾石，并利用其特征指示追索其可能的来源区位置。

3.4 地球化学勘查法

地球化学勘查法通过对各种地质介质中元素的迁移分布规律进行研究，利用元素的化学迁移行为及其异常特征，发现矿床的间接标志，从而确定成矿远景区。该方法无需直接接触矿体，能够探测到隐伏或被覆盖的矿化体，在矿产勘查的区域普查和远景评价阶段具有广泛应用。

首先，需要根据不同的找矿目标和地质环境条件，选择合适的勘查对象和分析测试方法。例如，在寻找富铁质矿床时，可优先选择岩石和土壤为勘查对象，测试铁及其伴生元素；而在寻找黄金矿床时，则可重点关注水体和沉积物中游离态金的分布特征。

其次，需要合理设计采样网格和布点方式，确保异常信息的完整性和连续性。通常在区域普查阶段，可采用较为疏松的采样网格；而在详查阶段，则需要加密采样点，细化异常范围。对于一些特殊地质环境，如覆盖较厚或构造复杂区域，还需要采取特殊的采样布点方式。

最后，需要充分结合地质、构造、岩性等多种信息，综合分析异常的成因，排除非成矿因素引起的假异常。同时还需要考虑异常的衰减和迁移规律，准确推断异常源的位置和性质，对于复杂的多元素异常，可借助多元统计分析等数学手段，提高异常解释的准确性。

4 结语

综上所述，地质勘查方法的应用具有重要意义。然而，每种勘查方法都有其自身的优缺点。在实际应用中，需要根据具体的勘查目标、地质条件和技术经济条件等因素，选择最适合的勘查方法。同时，还需要注意方法的优化组合，充分发挥各种方法的优势，提高勘查的整体效果。

参考文献

- [1] 王进涛,尹杰,罗鑫,等.金属矿产地质勘查技术的应用研究[J].世界有色金属,2023(10):97-99.
- [2] 韩继雷.金属矿产勘查中地质找矿技术分析[J].冶金与材料,2023,43(7):91-93.
- [3] 赵逊君.金属矿产勘查中地质找矿技术的应用[J].中国金属通报,2023(22):41-43.