

多金属矿产勘查中地质找矿技术研究

李卓林

内蒙古有色地质矿业（集团）六〇九有限责任公司 内蒙古 乌兰察布 012000

摘要：本文聚焦多金属矿产勘查中的地质找矿技术。阐述了多金属矿产资源分布及勘查原则流程，接着介绍金属矿地震勘探、重砂找矿、空气反循环勘探等技术及其应用，还简述其他相关技术。探讨技术优化策略与创新路径，通过典型矿区案例分析技术集成应用效果。最后展望技术发展前景，未来将朝着智能化、精准化、综合化及深部拓展等方向发展，以提升找矿效率与成功率。

关键词：多金属矿产；地质找矿技术；矿产勘查

1 多金属矿产勘查概述

1.1 多金属矿产资源的分布

多金属矿产资源全球分布广泛却不均衡。环太平洋成矿带是重要多金属成矿带，贯穿南北美洲西海岸、亚洲东部和东南亚，富含铜、铅、锌等多种金属矿产。南美洲智利阿塔卡马沙漠有世界最大铜矿床；北美洲美国、加拿大有众多大型矿床，如美国宾汉姆峡谷铜矿^[1]。亚洲也是重要分布区，我国西南三江地区、秦岭—祁连成矿带等有丰富金属矿产，俄罗斯西伯利亚有大量有色金属和稀有金属矿床。非洲中部非洲铜带、澳大利亚芒特艾萨矿带等也闻名全球。其分布与地质构造演化紧密相关，板块构造运动中的碰撞、俯冲等作用，以及地壳断裂构造、岩浆活动等，都为成矿物质的迁移、富集提供条件，利于矿床形成。

1.2 勘查工作原则与流程

多金属矿产勘查需遵循科学原则保证有效性与经济性。一是“从已知到未知、从浅到深、从简单到复杂”原则。勘查时先研究已有地质资料，了解已知信息，再向未知拓展；勘查深度先浅后深；对复杂地区，先简单后复杂勘查。二是综合勘查、综合评价原则。多金属共生或伴生，勘查不能只关注一种，要综合考量多种金属利用价值，通过化学分析等准确评价矿石，为开采选矿提供依据。勘查流程一般为：区域地质调查，收集分析资料圈定远景区；矿产普查，用多种手段缩小找矿范围、发现矿点；详查，详细勘查查明矿体特征、估算资源量；勘探，加密勘查有工业价值的矿床，准确计算储量，为矿山建设设计提供可靠资料。

2 地质找矿技术在多金属矿产勘查中的应用

2.1 金属矿地震勘探技术

金属矿地震勘探技术是一种利用地震波在地下介质中传播特性来探测地下地质结构和矿产资源的方法。与

传统的油气地震勘探相比，金属矿地震勘探面临着更多的挑战，因为金属矿体与周围岩石的物理性质差异相对较小，地震波的反射和折射信号较弱。然而，随着技术的不断发展，金属矿地震勘探在多金属矿产勘查中仍发挥着重要作用。金属矿地震勘探主要包括数据采集、处理和解释三个环节。在数据采集方面，采用高精度的地震勘探仪器，合理布置检波器和震源，以获取高质量的地震记录。为了提高信噪比，常采用多次覆盖技术，即对同一地下点进行多次激发和接收，然后将多次记录进行叠加处理。在数据处理环节，运用一系列先进的算法和技术，如滤波、增益、偏移成像等，对地震记录进行处理，突出地下矿体的反射信号，提高成像质量。最后，通过对处理后的地震剖面进行解释，结合地质、地球物理等资料，推断地下矿体的位置、形态和规模。

2.2 重砂找矿技术

重砂找矿技术是一种传统的地质找矿方法，它基于矿物颗粒的密度差异，通过采集和分析河流、溪流、海滩等沉积物中的重砂矿物，来追溯其源地，从而发现矿产资源。重砂矿物是指密度大于 $2.8\text{--}3.0\text{ g/cm}^3$ 的矿物，如自然金、自然铂、锡石、黑钨矿等。重砂找矿技术的工作流程主要包括野外采样、室内分析和资料整理三个步骤。在野外采样时，应根据不同的地质地貌条件和找矿目标，选择合适的采样点和采样方法^[2]。一般来说，在河流中上游地区，可采用淘洗法采集河床沉积物中的重砂样品；在河流下游和滨海地区，可采用砂钻法采集深部的重砂样品。室内分析主要是对采集的重砂样品进行淘洗、分离和鉴定，确定其中重砂矿物的种类、含量和粒度等特征。通过对重砂矿物的分析和研究，结合区域地质背景和成矿规律，推断可能的矿源地位置，为进一步的勘查工作提供线索。重砂找矿技术在寻找砂矿型多金属矿产和与原生矿有关的指示矿物方面具有独特的优

势。同时，一些与原生矿共生的重砂矿物，如锡石、黑钨矿等，也可以作为寻找原生锡矿、钨矿的重要标志。

2.3 空气反循环勘探技术

空气反循环勘探技术是一种新型的钻探技术，它以压缩空气作为循环介质，通过双壁钻杆将空气输送到钻头，驱动钻头破碎岩石，然后将携带岩屑的空气从钻杆与孔壁之间的环状间隙返回地面，实现对地下岩层的取样和勘查。与传统的钻探技术相比，空气反循环勘探技术具有许多优点。首先，它的钻进速度快，效率高。由于空气的密度小，在钻进过程中对孔壁的摩擦力小，减少了钻杆的磨损和能量消耗，从而提高了钻进速度。其次，该技术可以实现连续取样，获取的岩样真实可靠。空气反循环钻探过程中，岩屑直接从钻头底部被携带到地面，避免了传统钻探中岩样被污染和交叉污染的问题，能够准确反映地下岩层的实际情况。此外，空气反循环勘探技术还具有成本低、适应性强等优点，适用于各种复杂的地质条件和地形地貌。在多金属矿产勘查中，空气反循环勘探技术可以快速获取地下岩层的信息，为确定矿体的位置、规模和品位等提供重要依据。特别是在深部矿产勘查和覆盖层较厚地区的勘查中，该技术具有明显的优势。

2.4 其他地质找矿技术简述

除了上述几种主要的地质找矿技术外，还有许多其他技术也在多金属矿产勘查中发挥着重要作用。例如，地球化学勘查技术通过分析土壤、岩石、水系沉积物等介质中的元素含量和分布特征，寻找地球化学异常，从而圈定成矿远景区。该方法具有探测范围广、发现隐伏矿床能力强等优点。地球物理勘查技术中的磁法勘探、电法勘探等也常用于多金属矿产勘查。磁法勘探通过测量地磁场的强度和方向变化，探测地下磁性矿体的存在；电法勘探则是利用地下不同岩石的电性差异，通过测量电场、磁场的变化来推断地下地质结构和矿产分布。遥感地质找矿技术利用卫星、飞机等遥感平台获取的地质信息，结合计算机图像处理和地理信息系统等技术，对大面积区域的地质构造、岩性、蚀变等信息进行解译和分析，快速圈定成矿远景区，为后续的地面勘查工作提供指导。

3 地质找矿技术的优化与创新

3.1 技术优化策略

为了提高地质找矿技术在多金属矿产勘查中的效果和效率，需要对现有技术进行不断优化。首先，加强多种找矿技术的综合应用，不同的地质找矿技术具有各自的优缺点和适用范围，将多种技术有机结合，可以充分

发挥各自的优势，提高找矿的准确性和可靠性。其次，优化技术参数和操作流程，对于每一种找矿技术，都有一系列的技术参数和操作流程需要优化。例如，在金属矿地震勘探中，合理选择震源类型、检波器间距、采样率等参数，可以提高地震记录的质量；在重砂找矿中，优化采样方法和淘洗流程，可以提高重砂矿物的回收率和鉴定准确性。通过不断试验和总结经验，对技术参数和操作流程进行优化调整，可以提高找矿技术的效果和效率。另外，加强数据处理和解释技术的研究也是技术优化的重要方面。随着找矿技术的不断发展，获取的数据量越来越大，如何从海量的数据中提取有用的信息，准确解释地下地质结构和矿产分布，成为提高找矿成功率的关键。因此，需要不断研发和应用先进的数据处理和解释算法，结合地质、地球物理、地球化学等多学科知识，提高数据解释的准确性和可靠性。

3.2 技术创新路径

技术创新是推动地质找矿技术发展的核心动力。在多金属矿产勘查中，技术创新可以从以下几个方面入手。一是研发新型找矿设备和仪器，随着科技的不断进步，新型的材料和制造技术为研发更高效、更精确的找矿设备提供了可能。例如，研发高精度的地震勘探仪器、灵敏度更高的地球化学分析仪器等，可以提高数据采集的质量和精度^[3]。二是探索新的找矿理论和方法，结合现代地质学、地球物理学、地球化学等学科的前沿理论，探索新的成矿模式和找矿标志，为找矿工作提供新的理论指导。例如，基于深部地球动力学和成矿作用的研究，提出深部找矿的新思路和新方法。三是加强信息技术在找矿中的应用，利用大数据、人工智能、云计算等信息技术，对海量的地质、地球物理、地球化学等数据进行整合和分析，挖掘数据背后的潜在信息，为找矿决策提供科学依据。例如，通过建立找矿大数据平台，实现对多源数据的共享和综合分析，提高找矿的智能化水平。

4 典型矿区应用案例分析

4.1 矿区地质背景与成矿条件

以某大型多金属矿区为例，该矿区位于特定的地质构造单元内，经历了复杂的地质构造演化过程。区域内发育有多条深大断裂，这些断裂构造为成矿物质的运移和富集提供了通道和空间。矿区出露的地层主要为古生界的碳酸盐岩和碎屑岩，其中碳酸盐岩与成矿关系密切，为矿床的形成提供了良好的容矿空间。矿区的岩浆活动频繁，有多期次的岩浆侵入和喷发活动。岩浆活动带来了大量的成矿物质和热能，促使围岩中的矿物质发

生重结晶、交代等作用，形成了丰富的矿床。该矿区的主要矿种包括铅、锌、铜、银等，矿石类型多样，有硫化物矿石、氧化物矿石等。

4.2 技术集成应用过程

在该矿区的勘查过程中，采用了多种地质找矿技术的集成应用。首先，通过区域地质调查和遥感地质解译，对矿区的地质构造、岩性分布等有了初步了解，圈定多个成矿远景区。然后，运用地球物理勘查技术中的磁法勘探和电法勘探，对远景区进行详细探测。磁法勘探发现多个磁异常区，电法勘探则进一步揭示了地下岩层的电性差异，为确定矿体的位置提供重要线索。接着，采用地球化学勘查技术，对土壤、岩石和水系沉积物进行采样分析，发现多处地球化学异常区。将地球物理异常区和地球化学异常区进行叠加分析，确定重点勘查区域。在重点勘查区域，采用金属矿地震勘探技术和空气反循环勘探技术进行深入勘查。金属矿地震勘探技术揭示地下深部的地质结构和矿体的反射特征，空气反循环勘探技术则快速获取了地下岩层的岩样，为确定矿体的品位和规模提供直接证据。同时，结合重砂找矿技术，在矿区周边的河流沉积物中寻找重砂指示矿物，进一步验证了矿源地的存在。通过多种技术的集成应用，逐步缩小了找矿范围，准确确定了矿体的位置、规模和形态。

4.3 找矿成果与经济效益分析

经过多年的勘查工作，在该矿区取得了丰硕的找矿成果。共发现多个大型多金属矿体，探明的铅、锌、铜、银等金属储量达到相当规模，具有很高的工业价值。矿山的开发建设为当地带来巨大的经济效益和社会效益。从经济效益方面来看，矿山的开采和选矿生产创造大量的就业机会，带动当地相关产业的发展。同时，矿产资源的销售为国家和企业带来可观的经济收入，促进地方经济的增长。此外，通过合理的开发和综合利用，提高矿产资源的利用率，降低生产成本，进一步提高了经济效益。

5 地质找矿技术的发展前景

随着科技的不断进步和矿产资源需求的持续增长，地质找矿技术在多金属矿产勘查中具有广阔的发展前景。未来，地质找矿技术将朝着更加智能化、精准化、综合化的方向发展。在智能化方面，人工智能、大数据

等技术将广泛应用于地质找矿领域。通过建立智能化的找矿模型和决策系统，实现对海量数据的快速分析和处理，自动识别找矿标志和异常信息，提高找矿的效率和准确性。例如，利用机器学习算法对地球物理、地球化学等数据进行训练和分析，预测矿体的位置和规模。精准化是地质找矿技术发展的另一个重要趋势，随着新型找矿设备和仪器的研发和应用，数据采集的精度和分辨率将不断提高^[4]。通过优化数据处理和解释技术，能够更准确地揭示地下地质结构和矿产分布，实现对矿体的精准定位和定量评价。例如，高精度的地震勘探技术可以探测到更小规模的矿体，为深部找矿提供更可靠的技术支持。综合化发展将进一步加强多种找矿技术的集成应用。不同学科之间的交叉融合将更加深入，地质、地球物理、地球化学、遥感等多学科技术将有机结合，形成一套更加完善的找矿技术体系。通过综合应用多种技术，可以充分发挥各自的优势，提高找矿的成功率和经济效益。随着对深部矿产资源勘查的重视，地质找矿技术将不断向深部拓展。研发适应深部勘查环境的新型钻探技术和探测设备，解决深部勘查中的高温、高压、高地应力等技术难题，将是未来地质找矿技术发展的重要方向。

结束语

多金属矿产勘查中的地质找矿技术是寻找矿产资源的关键手段。本文对多种找矿技术展开研究，涵盖应用、优化创新及案例分析等方面。随着科技进步，智能化、精准化、综合化成为技术发展方向，深部勘查也备受重视。持续推动地质找矿技术创新发展，有助于提高找矿效率，满足矿产资源需求，为经济发展提供坚实保障，促进矿业可持续发展。

参考文献

- [1]方红薇,唐长钟,陈卫东.多金属矿产勘查中地质找矿技术研究[J].冶金与材料,2025,45(2):148-150.
- [2]秦晓峰,赵振瑄.多金属矿产勘查中地质找矿技术研究[J].冶金与材料,2024,44(3):31-33.
- [3]黄华.金属矿产勘查中地质找矿技术创新研究[J].中国金属通报,2023(1):246-248.
- [4]余军.金属矿产勘查中地质找矿技术的应用创新解析[J].中国金属通报,2024(18):53-55.