

# 金属矿勘查中地质找矿技术及其创新探讨

卢春明

中国冶金地质总局第一地质勘查院 河北 三河 065200

**摘要:** 在金属矿勘查领域,地质找矿技术是探寻矿产资源的关键。它以多学科理论为支撑,涵盖传统地质填图、物化探等多种技术,在成本控制、找矿精度等方面价值重大。当下,遥感技术融合、深部探测突破、智能化与大数据驱动等创新方向不断涌现,为地质找矿带来新机遇与变革。

**关键词:** 金属矿勘查;地质找矿技术;物化探技术;技术创新

## 引言

金属矿勘查中,地质找矿技术是发现资源、保障供给的关键。它综合多学科知识,以矿床学等理论为支撑,传统技术体系涵盖地质填图、钻探槽探、物化探等,在成本控制、找矿精度等方面价值显著。随着勘查需求变化,技术不断创新,遥感技术与地质找矿深度融合、深部探测技术实现突破、智能化与大数据驱动找矿技术兴起。深入探究这些技术,对推动金属矿勘查事业发展意义重大。

## 1 金属矿勘查中地质找矿技术的基础认知

### 1.1 地质找矿技术的核心内涵

地质找矿技术是金属矿勘查领域的关键技术体系,它综合运用地质理论、地球物理、地球化学以及现代探测技术等多学科知识与方法。在金属矿勘查过程中,专业人员借助各类先进手段,深入分析地质体的多种特征,包括岩石类型、地层结构、构造形态等;同时,精准探测地球物理场异常,如磁场、电场、重力场等的变化情况;细致研究地球化学元素分布规律,明确不同区域元素的含量与组合特征。通过对上述多方面信息的综合研判,识别出与金属矿密切相关的“找矿标志”,像特定的地质构造、地球物理异常模式、地球化学元素组合等。依据这些标志,圈定矿化异常区,进而科学预测矿产资源的分布范围与规模。其核心目标在于凭借科学技术手段,最大程度降低勘查工作的盲目性,显著提高矿产资源发现的概率与精度,为后续的详查、勘探工作提供坚实可靠的科学依据<sup>[1]</sup>。

### 1.2 地质找矿技术的理论支撑

地质找矿技术并非孤立存在,而是以多学科理论作为坚实基础。其中,矿床学理论占据核心地位,它深入探究金属矿床的形成条件、分布规律以及矿体特征,清晰揭示矿化与地质构造、地层岩性之间的内在关联,为找矿工作提供了关于矿床本身的基础认知。(1)构造地

质学理论则聚焦于地质构造对矿床的影响,通过分析褶皱、断裂等各类地质构造,明确其对矿床形成与赋存空间的控制作用,从而识别出构造中的有利成矿部位,为找矿指引方向。(2)地球化学理论着重研究元素的迁移与富集规律,借助对元素分布特征的分析,判断矿化活动的痕迹,为发现潜在的矿化区域提供依据。(3)地球物理学理论利用不同地质体物理性质的差异,运用相应技术手段探测地下地质结构与矿体分布。这些理论相互交织、共同作用,构建起地质找矿技术的严密逻辑框架,精准指导技术方法的选择与应用。

### 1.3 地质找矿技术的勘查价值

地质找矿技术在金属矿勘查领域发挥着不可替代的关键作用,其价值体现在多个重要方面。(1)在成本控制上,借助先进的地质找矿技术(物探技术),可精准圈定矿化异常区。这使得勘查工作不再盲目进行大面积钻探,而是有的放矢,大大减少了不必要的钻探工作量,进而有效节约了人力、物力与财力投入,显著降低勘查成本。(2)从找矿精度来看,电法技术具备强大的探测能力,能够识别出地表难以直接观测到的深部矿体和隐伏矿体,突破了传统找矿方法在空间上的局限,极大地拓展了找矿的范围和深度。(3)在资源保障方面,高效的地质找矿技术(电法技术)有助于快速发现新的矿产资源基地,增加资源储备,为经济社会的发展提供稳定的资源供给,有效缓解资源短缺带来的压力。(4)面对深部矿、复杂构造矿等复杂矿情,地质找矿技术不断迎接挑战,倒逼技术创新与方法优化,推动整个勘查技术体系持续升级<sup>[2]</sup>。

## 2 金属矿勘查中的传统地质找矿技术体系

### 2.1 地质填图与路线地质调查技术

地质填图与路线地质调查作为金属矿勘查领域至关重要的基础技术手段,发挥着构建区域地质认知体系、识别成矿有利条件的关键作用。(1)地质填图是依据

预先设定的勘查比例尺,如常见的1:5万、1:1万等,对特定区域展开系统性的实地测绘工作。它要求精确描绘地层岩性的分布特征、地质构造的形态与产状,以及矿化现象的空间位置等信息,尤其要着重标注与成矿密切相关的各类地质体,像侵入岩、火山岩、变质岩、蚀变带、构造带、断裂带等。通过这种细致入微的测绘,能够清晰呈现区域地质结构的基本框架。(2)路线地质调查则是沿着预先规划好的路线,开展详尽的现场观察工作。在此过程中,工作人员需采集具有代表性的岩石、矿石标本,详细记录各类矿化线索,包括矿化蚀变的类型、范围以及矿体露头的特征等。基于这些信息,初步判断矿化的强度和分布范围,为后续的勘查工作提供重要指引。地质填图与路线地质调查相辅相成,二者紧密结合能够为后续的物化探工作搭建坚实的地质背景基础,精准圈定初步的成矿远景区,从而有效提高金属矿勘查的效率和成功率。

## 2.2 钻探深部找矿、槽探揭露找矿

在金属矿勘查中,钻探与槽探是深部及浅层找矿的关键技术手段。钻探技术通过金刚石绳索取芯等设备,可深入地下数千米获取岩芯样本,精准揭示深部矿体形态、品位及赋存规律。例如,三维地震勘探辅助的钻探工程,能基于地震波反射特性构建高精度三维地质模型,指导钻探靶区定位,使矿体勘探成功率提升至85%以上。槽探则适用于浅层矿体揭露,通过地表挖掘浅槽直接观察矿脉走向、厚度及产状,结合地质填图与重砂分析,可快速圈定矿化范围。近年来,技术融合创新显著提升了找矿效率:钻探中引入人工智能算法优化岩芯分析,槽探结合无人机倾斜摄影实现三维建模,均大幅缩短了勘查周期。未来,随着深部资源需求增长,钻探向智能化、自动化方向发展,槽探与物化探技术的协同应用将成为浅层找矿的重要趋势。

## 2.3 地球物理勘探技术(物化探技术)

地球物理勘探技术,简称“物探技术”,是金属矿勘查中深部找矿的核心手段。它基于不同地质体,如矿体与围岩之间存在的物理性质差异,这些差异涵盖密度、磁性、电性、弹性等多个方面。通过运用专业仪器对地下物理场异常进行精准探测,进而间接推断矿体的分布情况。在众多常用技术中,磁法勘探是重要方法之一。它借助高精度磁力仪测量磁场异常,由于铁矿、镍矿等金属矿具有明显的磁性特征,利用该方法可有效寻找此类与磁性相关的金属矿。电法勘探则是通过测量地下介质的电阻率、极化率异常,来探测硫化物金属矿,像铜矿、铅锌矿等,因为这些矿体的电性特征与周围岩

石存在显著差异。重力勘探通过测量重力异常,识别密度差异较大的矿体与构造,为发现隐伏矿体提供线索。地震勘探利用人工激发地震波,分析其在地下传播的规律,从而探测深部地质结构,为深部找矿提供关键的构造背景信息。物探技术具有快速覆盖大范围区域的显著优势,能够高效地获取地下地质信息,为后续钻探工程的合理部署提供精准靶区,大大提高找矿的成功率和经济效益<sup>[1]</sup>。

## 2.4 地球化学勘探技术

地球化学勘探技术,简称“化探技术”,是金属矿勘查领域不可或缺的关键手段。它聚焦于分析地表介质,涵盖土壤、岩石、水系沉积物以及植物等,通过精准测定其中元素的含量并深入探究其分布规律,进而识别出与矿化紧密相关的元素异常,成功追踪到矿体留下的“地球化学痕迹”。在众多常用方法中,水系沉积物测量是开展大面积普查的得力工具。通过系统采集河流沉积物样品并分析元素含量,能够快速圈定区域化探异常,为后续勘查指明大致方向。土壤地球化学测量则更侧重于成矿远景区,通过加密采样并深入分析土壤元素分布,可精准圈定矿化异常范围,有效缩小找矿靶区。岩石地球化学测量通过对岩石标本进行细致的元素分析,深入研究元素在不同地质体中的迁移与富集规律,为判断矿化强度与成矿阶段提供科学依据。生物地球化学测量另辟蹊径,通过分析植物体内的元素含量,识别隐伏矿体引发的元素异常,尤其适用于植被覆盖区,克服了传统方法在该区域的局限性。化探技术凭借其对隐伏矿体、深部矿体识别的独特优势,成为连接地表观察与深部探测的重要桥梁,在金属矿勘查中发挥着不可替代的作用。

## 3 金属矿勘查中地质找矿技术的创新方向

### 3.1 遥感技术与地质找矿的融合创新

在当今地质找矿领域,遥感技术凭借其“大范围、高时效、多维度”的显著优势,正与传统地质找矿技术深度融合,催生出新型且高效的勘查手段,为地质找矿工作带来了新的活力与突破。(1)高分辨率遥感影像,涵盖卫星遥感和无人机遥感等,成为获取地表信息的有力工具。借助这些影像,能够快速且精准地识别地表地质构造,像对区域稳定性有重要影响的断裂带,以及与成矿关系密切的环形构造等。同时,还可捕捉到矿化蚀变信息,例如铁氧化物、羟基矿物等所引起的光谱异常,为寻找潜在矿床提供关键线索。(2)多光谱、高光谱遥感技术更是展现出强大的分析能力。它们可以对地表介质的矿物组成与元素含量进行定量剖析,通过分

析不同波段的光谱特征，精准圈定与金属矿紧密相关的蚀变异常区，大大缩小了找矿范围，提高了找矿的针对性。（3）将遥感数据与GIS（地理信息系统）技术相结合，可构建起区域地质-遥感综合数据库。在这个数据库基础上，能够实现地质体、构造、矿化异常等信息的空间叠加分析，从多个维度综合评估区域成矿条件，使成矿预测更加科学、准确。（4）这种融合创新模式尤其适用于地形复杂、人迹罕至的偏远地区。在这些地区，传统勘查手段往往面临诸多困难，而遥感技术可突破地理限制，大幅提高勘查效率，降低勘查成本，为地质找矿工作开辟新的路径。

### 3.2 深部探测技术的突破与应用

随着浅部矿产资源日益减少，地质勘查工作正不可避免地深部延伸，在此背景下，深部探测技术成为了当前地质领域创新发展的关键重点。（1）在物探技术方面，正朝着深部高精度方向不断升级。传统的深部磁法和电法勘探，通过改进仪器设备的灵敏度，让仪器能够捕捉到更微弱的物理信号；同时优化数据处理算法，提升对海量数据的分析和解读能力，从而显著增强了对千米以深矿体的探测能力，可更精准地识别深部矿体的存在及大致位置。而深部地震勘探则采用宽频带、高密度采集技术，宽频带采集能够获取更丰富的地震波信息，高密度采集则提高了数据的空间分辨率，二者结合可以清晰刻画深部复杂的地质结构以及矿体的赋存空间，为深部找矿提供详细的地质模型。（2）在钻探技术与装备领域，同样取得了令人瞩目的创新成果。智能化深部钻探设备集成了先进的传感器和通信技术，具备实时数据传输功能，能将钻探过程中的各项参数及时反馈给地面控制中心；孔内成像功能则让工作人员可以直接观察孔内情况，精准获取深部岩芯样品与地质信息<sup>[4]</sup>。

### 3.3 智能化与大数据驱动的找矿技术

在科技飞速发展的当下，人工智能、大数据技术与地质找矿的深度融合，正引领勘查工作迈向“智能化预测”的新时代。（1）构建金属矿勘查大数据平台是这一转型的基石。该平台全面整合地质、物化探、遥感、槽钻探等多源异构数据，通过统一的数据标准和规范，

实现数据的标准化存储与高效共享。这不仅打破了数据壁垒，让不同来源的数据能够相互印证、补充，还为后续的数据分析和挖掘提供了丰富、全面的素材。（2）机器学习算法在找矿中发挥着核心作用。利用神经网络、随机森林等先进算法对海量的历史找矿数据进行深度训练，能够建立精准的成矿预测模型。这些模型可以自动识别成矿有利因素，例如精准剖析构造与矿化之间的内在关联，揭示元素异常组合模式所蕴含的成矿信息，进而圈定高概率成矿靶区，为找矿工作指明方向。（3）三维地质建模技术的引入，为勘查工作带来了全新的视角。它将多源数据有机融合，构建出直观的三维可视化模型，清晰展示矿体、构造、地层的空间关系。勘查人员可以基于此模型，更科学地制定勘查方案，合理部署钻探工作，提高勘查效率和成功率。（4）智能化与大数据驱动的找矿技术，不仅显著提高了成矿预测的精度，还能挖掘出传统方法难以发现的隐性成矿规律，为地质找矿事业开辟了更为广阔的发展空间，推动行业不断向更高水平迈进。

### 结束语

金属矿勘查中，地质找矿技术体系多元且关键，传统技术奠定坚实基础，从地质填图到物化探，各有其独特价值与作用。而创新方向则引领勘查工作迈向新高度，遥感融合、深部探测突破以及智能化与大数据驱动，为应对复杂矿情、挖掘深部资源提供了有力支撑。这些技术相互补充、协同发展，不仅提高了找矿效率与精度，还拓展了找矿范围与深度。

### 参考文献

- [1]冯亮亮.金属矿勘查中地质找矿技术及其创新对策[J].世界有色金属,2022(7):70-72.
- [2]李士超.金属矿勘查中地质找矿技术及其创新探讨[J].中国金属通报,2022(24):1-3.
- [3]车旭.金属矿勘查中地质找矿技术及方法[J].世界有色金属,2023(4):66-68.
- [4]王贤强.金属矿勘查中地质找矿技术及其创新对策[J].建材与装饰,2020(44):199-200.