

矿产资源勘查中的地质找矿技术应用分析

玉秋明

广西壮族自治区地质调查院 广西 南宁 530000

【摘要】：为适应矿产资源勘查中浅表矿枯竭、勘查目标向深部及覆盖区转移的形式，文章针对传统地质找矿手段勘查精度低、效率低等痛点，立足矿产资源勘查实际工作场景，指出勘察工作应遵循统筹规划、因地制宜、持续发展的核心要求，系统分析磁法勘探、电法勘探、重力勘探、地理化学勘查、遥感地质勘查五类核心技术的落地应用，从多源数据三维融合建模、勘查过程动态数据采集两个维度阐述应用该技术开展找矿技术的实施路径，推动矿产资源勘查提质增效，实现绿色可持续勘查开发。

【关键词】：矿产资源勘查；地质找矿技术；遥感勘查；技术集成

DOI:10.12417/2705-0998.26.10.056

引言

矿产资源作为各行业发展与国计民生息息相关的基础资源，在工业化进程深入推进的背景下，对矿产资源提出更高需求。但在长期的矿产资源开发中，浅表、出露型矿产资源存量越来越少，当前勘查工作开始转向深部、覆盖区以及构造复杂地带。而传统以地表踏勘、人工采样、浅层工程揭露为主的找矿模式无法满足高精度、高效率的勘察需求。在矿产资源勘查行业持续发展中，可聚焦技术升级，深入分析地球物理与地球化学等新技术的有效应用。

1 地质矿产资源勘查的核心要求

1.1 统筹规划

在正式开展矿产勘查作业前，需要开展全方位的统筹规划，系统收集勘查区域地质构造、物化探历史数据、成矿规律及矿产开发资料等诸多信息，明确勘查目标与核心工作区域。结合国土空间管控要求与生态保护红线划定作业范围，合理配置人员、设备与资金资源^[1]。技术层面，强调多种地质找矿技术的搭配使用，统一全流程作业与数据标准，保障勘查数据连续可靠，实现精准的矿体定位与全面的资源评价。

1.2 因地制宜

地质矿产资源勘查工作需要以矿床类型与地质条件的物性差异为依据，合理技术选型。勘察工作需根据区域地质、地形实况、资源储量等现实条件制定技术方案。在植被密集、地形起伏大的山区，优先采用遥感与便携式物探设备开展作业。在平原厚覆盖区，聚焦深部信号捕捉，采用重力与化探技术。在草原戈壁均一地层区域，依托高精度磁法与激电技术区分异常信号。结合矿体类型匹配技术，岩浆型矿床适配重磁组合勘

查，斑岩型矿床选择电法勘查，非金属弱物性矿床以化探为核心手段。

1.3 持续发展

为保证矿产资源的长期稳定，并满足新时代人与自然和谐发展的要求，矿产勘查严格遵循可持续发展原则，兼顾资源勘查与生态环境保护的双重需求。优先采用遥感、物化探等无损绿色技术，缩减传统露天工程施工规模，降低地表植被与水土环境扰动。勘查过程中，同步资源储量探明与区域成矿潜力评价，排查深部及外围的隐伏矿体，采集地质环境数据，识别地质灾害隐患，依托大数据积累区域勘查成果，持续优化成矿预测模型，构建长效化勘查工作体系^[2]。

2 地质找矿技术在地质矿产资源勘查中的应用

2.1 磁法勘探技术

依据岩体、矿体与围岩的磁性差异，磁法勘探技术通过测量地磁场总强度或分量的空间变化，圈定地下磁性体的分布范围与赋存状态。在技术应用期间，以航空磁测与地面精测两个阶段为核心，先应用搭载磁力仪的无人机形成航空磁测系统开展全域数据采集，统一无人机的飞行高度为50—150m，飞行线距为100—500m，保障数据均匀覆盖。在完成航测数据拼接校正后，对其中区域条带状、团块状磁场异常区进行初步排查，确定重点勘查靶区。而后在地面精测阶段将其作为查证航次异常的重要手段，缩小作业范围，在普查阶段设置100m×20m或50m×10m的测量网度，在详查阶段将其密度提升至20m×5m，甚至更高。应用质子磁力仪或光泵磁力仪依照测线逐步测量磁场总量、垂直分量，准确记录坐标与高程，在异常解释中聚焦磁异常强度、形态、梯度变化与轴向等特征。

该技术在具体实践应用中,前期结合勘查比例尺与区域地形布设规则测网,确定测点间距、测线方向与作业范围,校准高精度磁测设备。在野外作业环节按照测线顺序开展逐点采集作业,采集磁场总场数据的同时记录测点地形、植被、人工干扰等环境信息,在构造复杂区域设置加密测点。而后遵循标准化工序在室内数据处理环节依次开展日变校正、地形校正、高度校正,消除昼夜磁场变化与地形起伏带来的误差。结合化极处理消除磁倾角、磁偏角的影响。通过水平梯度分析、垂向一阶求导、向上延拓处理分离前部干扰异常与深部有效异常。结合区域地质构造资料圈定磁场异常边界,划定异常等级,为矿体定位提供可靠依据。

2.2 电法勘探技术

利用地质体电性与极化差异特征可应用电法勘探技术完成矿产资源勘查作业,在现阶段的工作实践中,常用的技术为激发极化法,按照信号激发与数据采集模式的不同,细分为时域 IP 法与频域 IP 法两类标准化体系。这两项技术均基于地下矿化岩体、蚀变围岩的激发极化效应开展作业,由于金属硫化矿充放电极化特征更为明显,故而该技术也更多地用于隐伏多金属矿、金矿、铜矿勘查场景。

以时域 IP 法技术应用为例,在深度不足 500m 的浅层大面积普查中,优先选用该技术,通过科学布设供电电极、测量电极,配合 GDP-32、IRISSyscal Pro 等先进仪器设备完成操作。向地下输入周期性正向与反向断续电流,记录供电阶段稳态总场电位差与断电后二次衰减信号。在野外施工场景下,要严格设定供电周期与延时采样窗口,逐点采集电阻率、视极化率,对数据波动点进行 3 次重复观测,选取稳定有效值作为采样结果。在勘探过程中要规避工频电磁、金属构筑物、地表积水带来的耦合干扰,在地形起伏区域落实点位 DEM 校正。在数据处理环节,通过全波形数据预处理技术,剥离电磁耦合干扰分量,保留其中有效激电信号,通过时域衰减特征拟合地下地质体极化参数,划分高极化异常区域,将其在平面上的分布范围标注出来。

2.3 重力勘探技术

以地质体密度差异为基础,重力勘探技术主要通过准确识别矿产资源的密度异常情况实现精准找矿的目的,常用于铬铁矿、铜镍硫化物矿、铅锌矿等密度较大的矿种勘查作业和沉积盆地基底形态推断^[3]。

在技术应用前,根据地质填图和勘察精度布设重力测点,确保全面覆盖作业区域,标注测点高程与平面的坐标,控制测点平整度,避免因地形起伏对观测精度造成不利影响。完成重力仪校准与零点观测,确保其处于稳定的观测状态。而后在野外观测环节按照技术规程逐个点位完成重力值观测,同步记录环境参数,重复观测校核异常波动点位的数据。在数据处理环

节,通过地形校正、布格校正、正常场校正与均衡校正,逐步消除地表地形、地球重力场、地壳均衡补偿带来的误差,输出标准化重力异常平面图。通过深入分析重力异常梯度变化,确定地下高密度、低密度地质体的空间分布范围。

在勘查期间,条带状梯度异常多对应断裂构造,团块状高值异常对应致密岩体与金属矿体,低值异常对应松散覆盖层与破碎带。通过重力反演计算地质体埋深与厚度,量化地下地质体空间参数,完成重力勘查解译工作。

2.4 地理化学勘查技术

地理化学勘查技术是依托地壳元素迁移、富集规律开展找矿的精细化技术,其核心原理是矿体在地质演化过程中会发生元素分散迁移,在矿体周边的土壤、水系、岩石、气体中形成地球化学异常,经采样、检测、分析后捕捉元素异常富集区,圈定找矿靶区。

在前期阶段,依据勘查类型确定采样介质,而后合理选择地理化学勘查技术路径。在大面积区域普查中,可应用水系化探,通过采集水系沉积物样品快速筛查区域元素异常,锁定重点找矿区块。在重点区块的精细化勘查中,可应用土壤化探按照规范测网采集表层土壤样品,检测成矿元素含量,确定元素异常富集范围,精准定位矿体赋存区域。在矿体详查与验证阶段,可应用岩石化探通过采集露头与钻孔岩芯样品分析元素组合特征,进而对矿化蚀变程度与矿体延伸规律作出判断。

在完成野外采样后,将样品统一转送至实验室,经过风干、碾碎、过筛、缩分等流程完成制样处理,对样品粒度与重量标准做统一处理。借助原子吸收、电感耦合等离子体质谱等设备检测成矿元素与伴生元素含量,获得原始元素检测数据。统计分析检测数据,计算元素背景值、异常下限与富集系数,剔除离散型干扰数据,划分元素异常等级。结合多元素组合异常特征圈定异常范围,对于单一元素异常并不构成成矿有利区域,仅重点保留多元素叠加的综合异常区,对照区域地质构造资料,筛选与断裂、岩体接触带、蚀变带匹配的化探异常,标注异常中心、规模与强度,划分找矿靶区。

2.5 遥感地质勘查技术

遥感地质勘查技术利用传感器记录地表反射或发射的电磁波,通过波谱特征分析提取岩性、构造和蚀变矿物信息,在应用该技术完成矿产资源勘查的过程中,以空间分辨率与波谱分辨率为核心参数。

在具体实施中,依据勘查区域范围及其地形特征,选择卫星遥感影像或无人机航拍数据,保障影像清晰度与覆盖完整性,对于原始影像逐步开展辐射定标、大气校正、几何校正、图像拼接与裁剪,消除影像畸变、光照差异与大气干扰,获得标准化预处理影像。而后在宏观地质解译环节,在预处理影像中提出线性断裂、环形构造、地层边界、岩体分布等基础地质

信息,详细标注各类构造的产状、延伸与组合关系。通过高光谱波段运算提取矿化蚀变信息,输出蚀变异常分布图,将其中蚀变集中叠加区域作为初步找矿靶区。在此基础上,综合考虑地貌特征与植被光谱变化的影响,对隐蔽矿化线索进行补充识别。

在室内影像解译完成后,进一步开展野外实地校核,对解译环节筛选的异常点位展开逐一核查,修正影像误判与偏差,消除因人为或地貌等因素造成的虚假异常。全面整合构造、地层、蚀变异常信息,划分勘查有利区块,输出遥感勘查成果,支持地面精细化物探与化探作业。

3 基于地质找矿技术的矿产资源勘查工作

3.1 融合多源数据建模

随着地质找矿技术的多元化发展,在矿产资源勘查环节,需通过多源数据融合建模整合地质、地球物理与遥感数据等基础信息,构建三维预测模型,保证成矿靶区圈定精度。作业前期统一各类数据的坐标基准、精度参数与数据格式。通过数据预处理,剔除遥感影像、重磁电物探数据、化探元素数据、地质填图数据、钻孔实测数据中的异常干扰值,校正系统误差。以矿产资源勘查为核心,在其中提取成矿关键指标,包含物性异常梯度带、元素富集区、断裂交汇部位、岩体接触带与蚀变异常区。

依托地质建模软件叠加多元成矿指标,量化各指标成矿权重,构建二维成矿预测模型与三维地质实体模型,将地下地层、

构造、岩体与矿体的空间关系直观呈现出来^[4]。根据模型计算区域成矿概率,分级圈定各级找矿靶区,明确靶区范围、异常强度与勘查优先级。结合已有钻孔数据,在模型构建完成后开展校核修正,优化模型参数,降低预测误差。

3.2 采集过程动态数据

区别于传统勘查作业模式下静态数据采集滞后、细节缺失等问题,在应用现代化地质找矿技术的过程中,建立全流程实时数据更新机制,覆盖勘查全作业环节。

野外物化探作业中,实时监测设备运行状态与数据变化,在发生地形突变、人工电磁干扰、数据跳变等异常情况时,停止作业排查问题,在干扰消除后继续采集作业。对于构造复杂、异常梯度变化剧烈的区域,提升测点布设密度,完善数据细节。化探采样环节,以前期筛查的异常分布为依据,对采样密度作出动态调整,在异常核心区提升采样密度,精准锁定矿体边界,在异常外围开展稀疏采样以有效控制成本。

4 结论

综上,现阶段矿产资源勘查向精细化、深部化、智能化方向发展,而在地质找矿环节中,也要相应推进技术的更新迭代,针对不同地质场景的勘察难题,合理选择针对性的技术方案,结合规范的落地操作流程,实现从异常到矿体的转化。在具体应用中,单一技术存在固有局限,需以多技术协同应用为关键,通过数据化手段提升成矿预测精度。

参考文献:

- [1] 吕凤荣,江勇,轩福昌.地质矿产勘查及找矿技术在现代化矿山中的应用分析[J].世界有色金属,2026(7):190-192.
- [2] 黎海军.地质矿产资源勘查的原则及其找矿方法的应用分析[J].中国金属通报,2025(22):186-188.
- [3] 席小曼,周伟琛,王亚琼.固体矿产勘查中地质找矿技术的应用分析[J].世界有色金属,2025(18):106-108.
- [4] 杨林,黄志刚.矿产资源勘查中地质找矿技术要点及其优化策略[J].世界有色金属,2026(8):195-197.