

复杂地形区矿产地质勘查与找矿技术研究

王 强

新疆维吾尔自治区地质局乌鲁木齐地质大队 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要: 复杂地形区大多地貌破碎、地层构造杂乱, 地下地质信息也比较隐蔽, 这就整体加大了矿产勘查的作业难度与技术压力, 文章结合这类区域的地质实际条件, 梳理了矿产勘查的主要难题, 细化了各类适配找矿技术的应用方式, 优化了勘查实施思路与技术融合路径, 能进一步完善复杂地形区找矿技术体系, 为区域矿产精准勘查、高效利用提供基础理论参考。

关键词: 复杂地形区; 地质勘查; 找矿技术; 矿产资源; 地质构造

引言: 我国矿产资源分布地域跨度大, 多数优质矿产资源赋存于山地、沟壑、高海拔等复杂地形区域, 这类区域特殊的地貌与地质条件, 导致传统勘查技术的适配性大幅下降, 存在勘查精度不足、资源漏判、作业效率偏低等诸多问题。当前矿产资源开发逐步向深部、复杂地形区域延伸, 对地质勘查的精准度、全面性提出了更高标准。基于复杂地形的地质特殊性, 开展针对性的勘查与找矿技术研究, 突破传统技术应用局限, 是提升矿产资源勘探利用率、夯实资源开发基础的核心关键。

1 复杂地形区矿产地质勘查核心特征与难点

复杂地形区区别于平原、缓丘等常规勘查区域, 其地形起伏剧烈、沟谷纵横、岩体风化程度不均, 且区域内构造运动活跃, 地层褶皱、断裂发育普遍, 造就了独特的矿产赋存与勘查环境。从地质特征来看, 此类区域矿产资源多呈现碎片化、隐蔽化赋存特点, 矿体连续性差、埋深波动较大, 围岩岩性复杂多变, 常规地表地质调查难以精准识别矿体边界与赋存规律。从勘查实施难点分析, 复杂地貌导致地表覆盖层杂乱, 植被、残积层、崩塌堆积层厚度不均, 严重遮挡地下地质信息, 造成物探、化探数据干扰性强、有效信息占比低。同时, 区域地质构造的复杂性使得矿化线索与构造破碎带、蚀变带的耦合关系难以判定, 单一勘查技术无法实现全方位地质信息采集, 极易出现勘查盲区与数据偏差, 制约矿产勘查工作的精准推进^[1]。

2 复杂地形区主流找矿技术类型及适配性分析

2.1 物化探找矿技术

物化探找矿技术是复杂地形区常用的基础勘查手段, 分为地球物理与地球化学勘探两类, 核心原理是采

集地下岩体与矿体的物理、化学异常信号, 推断地质体分布特征。物探依托岩体密度、磁性等属性差异, 可消除地表覆盖层干扰, 适用于高海拔、深切割区域大范围初步勘查; 化探通过采集土壤、水系等样品分析元素富集迁移特征, 圈定矿化异常、识别浅部隐伏矿体, 作业灵活、覆盖广, 但易受地形及表层物质干扰, 需搭配其他技术完成精准验证。

2.2 遥感找矿技术

遥感找矿技术依托航空、航天遥感平台获取大范围地表光谱与影像数据, 通过解译提取岩性边界、构造痕迹、蚀变异常等找矿信息, 适配地形险峻、人员难以抵达的复杂区域勘查。相较于传统地面勘查, 该技术可无死角采集大范围地质信息, 规避地形对人工作业的限制, 提升前期筛查效率。应用中可通过多光谱、高光谱数据对比, 精准识别铁染、羟基等矿化蚀变信息, 结合地貌与构造线特征圈定重点靶区。但该技术仅能探测地表及浅表层, 无法判定深部矿体, 单独应用精准度有限, 需与深部探测技术协同使用^[2]。

2.3 地质钻探找矿技术

地质钻探是复杂地形区矿产勘查中精度较高的核心技术, 也是核验物化探、遥感勘查异常结果的重要方式。该技术通过地下取芯, 可直接获取地层岩性、矿体厚度、矿石品质等真实地下地质数据, 能穿透表层杂乱堆积层与破碎岩体, 弥补浅层探测技术不足, 为矿体边界圈定、资源量估算提供直观依据。现阶段适配复杂工况的轻型智能钻探设备已广泛应用, 可适配陡坡、沟谷等场景, 改善了传统设备适配性弱的问题。其数据准确度高, 但施工成本偏高, 受场地地形制约, 需依托前期

勘查成果合理布置钻孔位置。

2.4 综合信息叠加找矿技术

综合信息叠加找矿技术是针对复杂地形区多干扰、多变量环境衍生的复合型技术，核心是整合地质构造、物化探异常、遥感蚀变等多维度数据，通过叠加耦合分

析剔除单一技术的虚假异常，精准锁定优质找矿靶区。复杂地形区单一技术信息存在片面性，多源融合可实现优势互补、规避技术短板。该技术通过梳理成矿控制因素，构建多维度评价模型，量化地质信息与成矿关联度，提升找矿预判精准性，是当前复杂地形区中深部矿产勘查的核心发展方向。（如表 1 所示）

表 1 复杂地形区主流找矿技术适配性对比

技术类型	核心优势	局限性	适配场景
物化探找矿技术	作业灵活、覆盖范围广，可消除地表覆盖层干扰，快速筛查矿化异常	易受地形高差、表层杂覆物质干扰，需搭配其他技术验证	高海拔、深切割区域大范围初步勘查，浅部隐伏矿体筛查
遥感找矿技术	无死角大范围采集信息，规避地形限制，提升前期筛查效率	仅能探测地表及浅表层，无法判定深部矿体，单独应用精度低	地形险峻、人员难以抵达区域，全域宏观排查与靶区初步圈定
地质钻探找矿技术	数据精准度高，可直接获取地下地质信息，核验其他技术异常结果	施工成本高，受场地地形制约，覆盖范围有限	核心找矿靶区，深部隐蔽矿体探测，矿体边界圈定与资源量估算
综合信息叠加找矿技术	整合多维度数据，剔除虚假异常，提升找矿预判精准性	数据处理难度大，依赖多源数据完整性与准确性	中深部矿产勘查，复杂地质条件下优质靶区精准锁定

3 复杂地形区矿产地质勘查与找矿技术优化策略

3.1 立足地形地质特征，优化技术适配方案

复杂地形区不同地段的地貌、表层覆盖及地质构造发育情况都有较大差别，区域成矿环境与勘查干扰条件也有明显不同，若采用单一固化的技术应用模式，很容易造成勘查进度变慢、探测数据出现偏差等问题，所以正式开展勘查工作前，要先精细摸排区域基底地质情况，合理划分地貌与构造单元，再结合不同区块的成矿潜力和勘查难点，制定出差异化的技术应用方案，以此完成精细化勘查作业。高海拔、地形陡峭的难作业区域，可优先用遥感技术开展全域宏观排查，快速摸清区域构造格局与蚀变异常分布，初步圈定成矿优势区块，减少重复性无效作业；表层覆盖复杂、浅部矿化分布零散的区域，可依靠地球化学勘探技术，合理优化采样点位与布设密度，精准识别元素富集异常，排查浅部隐伏矿体；构造破碎带发育、深部成矿潜力可观的核心靶区，可联合使用物探与钻探技术，破除表层地质干扰，探明深部矿体的实际赋存状态。除此之外，勘查工作还可结合岩体风化情况与地层稳定程度，灵活调整探测深度、采样间距等作业参数，削弱地形与地质条件的干扰，保障各类勘查技术的基础探测精度，为后续深度勘查工作提供真实有效的原始数据^[3]。

3.2 强化多技术融合应用，构建协同勘查体系

各类单一找矿技术在复杂地形区的实际应用中，都会存在一定的局限性，遥感技术难以完成深部地层探测，物化探成果容易受到外界环境干扰，钻探技术的整体探测覆盖范围相对有限；单一技术的勘查模式，很难

全面、精准判断区域成矿条件，也无法彻底规避虚假异常、矿体漏判等常见问题。因此，原有独立作业的技术模式需要做出调整，可搭建多技术联动互补的协同勘查体系，形成由宏观筛查、细化研判到实地验证的完整勘查流程。勘查前期可以利用遥感设备完成全域地质信息采集，梳理区域构造、岩性与蚀变的分布特征，初步划定具备成矿潜力的远景区域，提升整体勘查布置的合理性；勘查中期可在远景区块内开展精细化物化探检测，结合已有遥感解译资料，区分地质成矿异常和表层地形堆积物造成的无效异常，逐步缩小找矿靶区范围；勘查后期可在核心靶区内布置钻探工程，核验前期筛查得出的矿化线索，明确矿体形态、规模与赋存深度等关键信息。多技术融合的作业模式，能够互补各类勘查手段的短板，逐级筛选优质成矿区域，有效提升复杂地形区找矿精准度，也可以减少无效施工造成的资源浪费，兼顾勘查质量与作业效率。

3.3 优化勘查数据处理，提升信息解译精度

复杂地形区采集的勘查数据，普遍存在干扰信息繁杂、有效数据零散、数据波动较大等问题，原始数据内部会掺杂大量地形地貌、表层地质环境带来的假性异常，传统标准化的数据处理方式，容易造成信息解译出现偏差，会在一定程度上干扰找矿判定的准确性；所以，针对性优化数据处理与解译流程，对多源勘查数据开展精细化处理与深度挖掘，就显得尤为重要。遥感影像数据可提前完成多项校正预处理，能够消除地形高差、光照变化、大气散射带来的影像误差，精准提取构造线条、矿化蚀变等关键找矿信息；物化探数据可结合

区域地形与表层地质条件完成分级筛选，区分矿质富集形成的真实异常与环境干扰产生的无效异常，依托异常强度、分布范围等特征判别对应的成矿潜力。多类数据还可以开展融合匹配分析，将遥感解译结果、物化探异常信息、地质构造资料进行空间叠加，挖掘数据耦合对应的成矿有利区域。结合区域成矿地质规律开展辅助研判，能够规避单一数值分析的片面性，有效提升勘查数据的利用效率与地质信息解译的整体精准度^[4]。

3.4 聚焦深部隐蔽矿体，创新靶向找矿模式

随着浅层矿产资源的勘查与开发慢慢趋于饱和，复杂地形区的找矿工作也逐步转向深部隐蔽矿体的探测领域，这类矿体大多被厚层覆盖层与复杂地质构造遮挡，自身赋存规律比较隐蔽，常规的传统勘查模式很难完成高效、精准的探测工作。贴合当前的勘查发展趋势，靶向找矿模式可依托区域成矿机理进行优化创新，围绕各类核心控矿因素开展精细化勘查作业。区域构造演化特征可作为首要研判依据，梳理断裂、褶皱等构造的控矿效果，分析构造活动与矿液迁移、沉积的关联规律，锁定构造叠加、蚀变发育的优势成矿位置；地层岩性特征也可作为重要判别依据，总结优势赋矿岩层的分布特点，结合岩性差异与蚀变分带现象，精准识别隐蔽矿体的赋存层位。此外，智能化建模技术可整合各类勘查数

据，搭建深部成矿预测体系，科学预判深部矿体的空间位置、埋藏深度与资源体量，这种勘查模式改变了传统粗放式筛查方式，有效提升了复杂地形区深部隐蔽矿产的整体勘查效果。

3.5 完善勘查质控体系，保障整体勘查质量

复杂地形区的勘查作业环境比较恶劣，作业工序也较为繁杂，外界干扰因素还相对多样，全流程的质量管控是保障区域找矿成果稳定、可靠的重要前提，整套质控机制需要贯穿勘查筹备、野外作业、数据整理、成果编制的全部环节，能有效规避环境条件、操作方式、技术手段带来的勘查误差。勘查筹备阶段可结合区域地质实况与勘查任务目标，合理编制专项技术方案，精准设定采样密度、探测深度与作业点位布局，避免方案设计过于笼统而产生勘查疏漏；野外施工阶段需要统一规范采样、探测与数据记录的操作标准，减少复杂地形工况下样本污染、数据缺失等问题，保障原始勘查数据的真实完整；数据处理与成果编制阶段需建立多层级数据复核与成果校验机制，核对修正异常数据与矛盾信息，保障多源分析、靶区圈定及资源量预估的科学性，同时质控标准可结合复杂地形特点灵活调整，稳步提升勘查工作的规范性与精准度，为区域矿产评价与资源开发提供扎实的地质数据支撑^[5]。（如表 2 所示）

表 2 复杂地形区勘查全流程质控要点

勘查阶段	核心质控要点	质控目标
勘查筹备阶段	结合区域地质实况编制专项方案，精准设定采样密度、探测深度与点位布局	规避方案笼统导致的勘查疏漏，保障勘查工作针对性
野外作业阶段	规范采样、探测与数据记录操作，防范样本污染、数据缺失等问题	保障原始勘查数据真实、完整、可靠
数据处理阶段	开展多层级数据复核与矛盾信息修正，优化数据解译流程	提升数据利用效率与解译精准度，减少信息偏差
成果编制阶段	校验靶区圈定、资源量预估等成果，适配复杂地形勘查特点调整质控标准	保障勘查成果科学性、规范性，为资源开发提供支撑

结束语： 复杂地形区的地貌与地质条件比较特殊，普遍存在勘查干扰多、隐蔽矿体发育、作业难度大等问题，传统勘查技术模式已经很难适配现阶段高精度、深层次的找矿工作要求，本文梳理了这类区域的勘查难点，分析了各类主流找矿技术的优缺点，搭建出多技术融合、靶向勘查的优化体系，完善相关环节后能突破勘查局限，提升找矿精准度，后续也可通过持续优化技术与应用体系，进一步挖掘这类区域的矿产资源开发潜力。

参考文献

[1] 杨国徽,常鸿智,王治虎.复杂地形区矿产地质勘查与找矿技术研究[J].能源新观察,2026(2):29-31.

[2] 孙继春.复杂地形区矿山地质矿产勘查找矿技术研究[J].世界有色金属,2026(5):172-174.

[3] 武毅,李建文,胡鹏飞.地质找矿技术在矿产勘查中的应用研究[J].现代工业工程,2026(2):136-138.

[4] 常博文.地质矿产勘查及找矿技术研究[J].西部资源,2026(2):110-113.

[5] 承道明,莫阿呷.复杂地形区矿山地质矿产勘查与找矿技术分析[J].世界有色金属,2025(3):64-66.