

小型金属矿详查阶段工程地质条件分析与勘察要点

张金龙

河北峪耳崖黄金矿业有限责任公司 河北承德 067600

DOI: 10.32629/ems.v8i7.21211

[摘要] 小型金属矿详查阶段对工程地质条件的准确分析及有效勘察至关重要。分析涵盖地形地貌、岩土体特征、地质构造等方面,明确其对工程建设的影响。勘察要点包括合理布置勘察点、运用恰当勘察方法、准确测试岩土参数。通过科学分析与勘察,为小型金属矿后续开发设计、施工提供可靠地质依据,保障工程安全与稳定。

[关键词] 小型金属矿; 详查阶段; 工程地质条件分析; 勘察要点

引言:

在矿产资源开发领域,小型金属矿的开发利用具有重要的经济和社会意义。小型金属矿详查阶段作为开发前期的关键环节,其工程地质条件分析与勘察工作的质量,直接关系到后续开采工程的可行性、安全性和经济性。准确把握工程地质条件,能有效避免因地质问题引发的工程事故,降低建设成本。然而,目前小型金属矿详查阶段的工程地质工作存在诸多不足,如勘察方法不科学、分析不够深入等。因此从冀东区域金属矿床成矿特点以及矿山实际情况出发,全面整理详查阶段地质分析思路和标准化勘察要点,具有很强的现场实践意义,可以给冀东同类型小型金属矿山勘察项目提供一套技术指导。通过系统分析和总结,可为相关工作提供科学指导,推动小型金属矿床开发的规范化和科学化。

1. 工程地质条件分析内容

1.1 地形地貌分析

以冀东区域多金属成矿带区域小型金属矿为研究范围,开展详查阶段全域地形地貌系统性解析工作,完整梳理区域地貌演化规律对矿体围岩稳定性的控制作用。冀东燕山北高南低,北部为构造侵蚀中山,中部、南部依次过渡为低山、剥蚀丘陵,山间分布断陷盆地与河谷冲洪积堆积地貌,划分河谷冲沟、缓坡残坡积、陡峻基岩山地三类基础地貌单元,同步统计矿区坡面坡度、沟谷切割深度、地表松散堆积厚度等基础地貌参数,识别冲沟下切形成的临空边坡、坡脚残坡积软弱层等典型不良地貌载体。详查测绘范围向外延展三百米,覆盖采矿活动潜在扰动边界,重点剖析陡崖、深切冲沟、松散坡积层叠加区域,明确地貌形态与滑坡、崩塌等地质灾害发育对应关系,区分露天采场、地下开拓工程对应的地貌风险分区,为后续勘察点位布设划定重点排查区域,规避地

貌因素带来勘察遗漏问题。完整地貌解析能够预判矿山开采后边坡临空面演化趋势,为支护方案提供基础地貌依据。

1.2 岩土体工程特性分析

依托冀东区域地层出露规律划分完整工程地质岩组,区分岩浆岩、变质岩、沉积岩三大类围岩,同步划分残坡积粉质黏土、坡积碎石两类松散土体单元开展物理力学指标系统测试。岩浆岩矿段重点测定完整、较破碎、破碎三类岩体抗压强度、岩体完整性系数,统计节理裂隙发育密度与充填物质类型;变质矿带侧重分析片理、片麻理构造对岩体抗剪能力弱化程度,识别片理走向与坡面平行的高风险软弱岩组;沉积地层系统采集分层试样,测定土层含水率、压缩模量、抗剪强度指标,统计风化带厚度变化规律。结合冀东区域小型金属矿开采方式分别评价岩土体自稳能力,地下巷道围岩划分三级岩体质量等级,露天边坡区分易滑松散堆积层与坚硬完整基岩,完整岩土体参数数据库能够精准预判巷道垮塌、坡面滑移等潜在工程问题,匹配详查阶段资源评价与开采可行性研判双重需求。

1.3 地质构造影响分析

系统解析区域次级断裂、层间滑动带、密集节理三组构造体系对矿区工程地质条件控制效应,详查阶段采用剖面测绘结合深部钻探手段查明构造空间展布。区域北东向区域性次级断裂贯穿多数冀东小型金属矿赋矿层位,断裂带内部发育断层泥、碎裂岩软弱充填物,导水同时大幅降低岩体整体完整性,沿断裂带易形成巷道涌水、边坡失稳隐患;层间滑动带多发育于变质岩地层接触界面,属于隐蔽软弱结构面,开采扰动下极易产生顺层滑移;全域开展节理产状统计绘制极射赤平投影图,确定优势裂隙组合,判断裂隙切割形成的楔形崩塌块体规模。按照构造破碎程度划分影响分区,构造

密集带加密勘察控制工程，完整构造解析成果用于划分矿山工程地质复杂程度等级，为后续开拓布置、边坡治理提供构造风险预判支撑。

2. 勘察工作布置原则

2.1 勘察点的合理布局

遵循冀东区域成矿构造与地貌双重控制思路布设详查阶段勘察点位，采用网格化基础布局搭配构造重点加密模式开展点位规划。矿体赋存核心区段按照规范基础间距均匀布设钻孔与原位测试点位，断裂破碎带、深切冲沟、高陡边坡等工程风险区域缩小布点间隔，残坡积厚覆盖区段补充浅部取样点位，地下首采中段、露天设计边坡线全域连续控制。兼顾区域外围对比勘察需求，在矿区南北东西边界布设控制性剖面，完整对比矿区内外岩土体、构造发育差异，避免仅聚焦矿体忽略外围边坡、排土场等配套工程地质条件。所有勘察点位在 1:2000 工程地质图统一标定坐标，形成矿体、边坡、外围配套工程全覆盖点位网络，实现冀东区域小型金属矿详查阶段工程地质无盲区控制。

2.2 勘察深度与间距确定

结合冀东区域小型金属矿普遍开采标高设定分层勘察深度标准，主矿体控制钻孔穿透矿体底板不少于十五米，断裂构造勘察钻孔穿过破碎带完整进入完整基岩，露天边坡勘察孔穿透残坡积层延伸至新鲜基岩内部。浅层松散土体原位测试深度统一覆盖全风化层，深部构造专项钻探按照物探异常下限加深五至十米，消除深部构造漏判隐患。点位间距区分不同勘察分区，矿体核心详查区执行基础网格间距，构造破碎带、高陡边坡风险区间距缩减至原标准一半，区域外围对比剖面适度放宽间距控制成本，同步兼顾数据精度。所有深度、间距设定严格匹配矿山开采深度区间，统筹地下巷道、露天采场、尾矿堆放三类工程勘察深度需求，平衡勘察精度与野外施工成本。

2.3 不同地形的勘察方案

针对冀东区域河谷、缓坡残积、陡峻山地三类地貌制定差异化勘察实施方案。河谷冲沟地带表层松散堆积厚度波动大，优先开展高密度电法物探先行，结合浅钻取样测定土体力学指标，同步探查沟谷底部隐伏断裂；缓坡残坡积区域表层土体厚度均匀，采用钻探配合浅层平板载荷试验，分层采集风化岩与土体试样，重点排查顺层滑动软弱面；陡峻基岩山地通行条件受限，以地表工程地质测绘为基础，沿等高线

布设物探测线，在构造出露关键位置布设少量控制性深孔，减少陡坡钻探施工安全风险。各类地形勘察方案统一配套地质测绘前置流程，依据地表出露条件动态调整钻探、测试点位数量，适配矿山山区野外施工条件，规避复杂地形带来勘察数据缺失问题。

3. 勘察方法选择运用

3.1 钻探方法要点

冀东区域小型金属矿详查阶段以金刚石绳索取芯钻探为核心手段，按照地层岩性差异调整钻进工艺，完整保留岩土芯样用于室内力学试验。松散残坡积层采用套管护壁防止孔壁坍塌，岩浆、变质完整岩层采用清水循环钻进，断裂破碎带更换低固相冲洗液降低芯样磨损，单孔分层采集岩土试样，土体每层不少于六组，各类岩体每层保留九组力学试验样品。钻孔施工完成后同步开展孔内物探测井，获取岩体完整性、风化程度连续剖面数据，钻孔终孔后规范封孔消除后期矿坑充水通道隐患。野外钻探全程执行芯样编录制度，分层记录岩性、风化程度、节理裂隙、构造充填特征，精准匹配区域地层分布规律，为工程地质分层划分直观实物依据。

3.2 物探方法优势

依托冀东区域特点地表覆盖薄、岩性物性差异明显特征，组合可控源大地电磁、高密度电法两类地面物探手段开展前期全域扫面。可控源电磁测深探测深度覆盖矿体及下部控矿断裂，高效圈定深部构造破碎带与含水蚀变异常，提前锁定重点钻探验证靶区，大幅减少无效钻孔数量；高密度电法适用于浅层冲沟、边坡松散层探测，快速划分土体与基岩分界面，识别浅部滑移软弱带。物探测线垂直区域北东主导断裂走向布设，测线间距与勘察网格保持统一，物探异常全部布设钻探工程验证，弥补单一地表测绘深部探查短板。冀东山地通行条件受限场景下，物探设备机动灵活，能够快速完成大范围区域地质条件预判，显著提升详查勘察整体工作效率。

3.3 原位测试方法应用

详查勘察配套分层原位测试手段获取原位岩土力学参数，残坡积粉质黏土区域开展浅层直剪、载荷试验，测定土体承载力与抗剪指标；基岩钻孔内部实施岩体完整性 RQD 测试、点荷载试验，快速获取岩石天然抗压强度；断裂破碎带点位配套注水原位渗透试验，判定构造导水能力。所有原位测试点位均匀嵌入勘察网格，矿体上下盘、边坡潜在滑移层优先布设测试点位，同步对比室内土工试验数据修正参数偏

差。原位测试数据规避取样运输带来岩土结构扰动问题,得到贴合冀东矿区原始地层力学指标,为露天边坡稳定计算、地下巷道支护参数选取提供原位实测数据,适配区域小型金属矿工程稳定性定量评价需求。

4. 勘察成果整理与应用

4.1 数据资料的整理分析

野外勘察全部芯样记录、原位测试、物探曲线、测绘台账统一汇总分类,按照矿区、外围边坡、冲沟分区建立标准化数据档案。分层统计岩土物理力学试验均值、极值,绘制岩体质量指标变化曲线,梳理断裂构造产状、充填物质、导水性对应规律,对比物探异常与钻探揭露地层匹配程度,剔除仪器扰动、钻进干扰形成的无效异常数据。结合冀东区域多金属成矿带以往勘察资料开展横向对比,总结同类矿区岩土体、构造共性工程特征,划分本矿区工程地质综合分区,区分稳定、较稳定、不稳定三类区块,完整数据统计分析形成定量评价基础,杜绝单一零散数据导致条件误判。全部数据实行电子台账与纸质资料双备份,设置分级查阅权限,定期复核试验数据与野外记录一致性,针对偏差数据重新核对钻探原始记录、现场拍照,建立数据溯源台账。划分的地质分区同步标注风险等级,为图件编制、工程预判提供量化分级依据,保障矿山后续设计采用的地质参数真实可靠,避免因数据失真引发工程方案偏差。

4.2 工程地质图件编制

基于整理后的勘察数据编制成套标准化工程地质图,基础图件包含 1:2000 矿区地形地质图、综合地层柱状图、多条纵向横向勘察剖面图,配套岩体质量分区图、不良地质现象分布图、岩土力学参数等值图。图件完整标注所有勘察点位坐标、地层分层界线、断裂破碎带延展范围、风化带埋深,清晰划分露天边坡、地下首采区、排土场工程地质分区,图面参数全部引用实测原位与室内试验数据,图幅范围覆盖采矿扰动外延三百米区域。图件统一采用行业标准图例、坐标系统,完成自检、互审、总工三级校审流程,标注各类图件编制时间、勘察人员、试验编号。说明书与图纸一一对应,针对破碎带、高含水软弱层等关键不良地质区段重点补充分析,图纸可直接移交设计单位用于建模计算,减少矿山设计阶段地质资料二次梳理工作量。

4.3 为后续设计施工提供依据

整套详查工程地质勘察成果作为区域小型金属矿开采设计核心基础资料,直接支撑露天边坡支护、地下巷道开拓、尾矿堆放三大主体工程方案编制。依据岩体质量分区确定巷道支护形式与支护间距,结合软弱构造分布划定开拓巷道安全避让距离;利用土体强度参数计算边坡稳定安全系数,设置分级放坡与锚杆支护配套方案;依托构造导水试验数据制定矿坑疏干、防渗工程布置。成果同步预判矿山开采诱发滑坡、巷道坍塌、突水等工程地质灾害类型,配套分区防治建议,同时为冀东同类矿山建设期岩土监测点位布设、开采过程地质跟踪勘察提供参考基准,实现详查勘察成果从地质评价到工程落地全链条转化应用。项目竣工后勘察资料归入矿山永久工程档案库,作为闭坑治理、矿区复垦、后期改扩建地质基础,同时为冀东地区同类型金属矿山勘察工作提供标准化数据整理、图件编制、工程应用参考范本,积累区域性矿山工程地质数据库,提升同类项目勘察工作效率。

结束语:

因此,小型金属矿详查阶段工程地质条件分析及勘察要点构成一个完整的、系统的体系。对冀东成矿矿床的地形地貌、岩土体性质、地质构造进行精细化的地质研判,合理布置勘察点、采用适合山区的勘察手段,可以全面掌握矿区所有的工程地质隐患。规范整理勘察数据、编制标准化图件,可以提高冀东小型金属矿山开采设计、井下及露天施工的安全性和经济性。后续冀东区域小型金属矿产开发项目,应不断加强详查阶段工程地质专项工作,改进丘陵山地勘察技术手段,依靠详实的地质资料保证矿山绿色、安全可持续开发。

[参考文献]

- [1]叶焱焱,林啸,陆靖.我国金属矿详查获重大突破[N].广西日报,2026-03-05(012).
- [2]陈孝聪,李文杰,窦小亮,等.新疆阿克塔斯稀有金属矿地质特征及成因浅析[J].新疆有色金属,2023,46(5)33-34.
- [3]孟凡,赵震宇.我国非金属矿绿色矿山建设概况[J].石材,2023,(6)7-9+150.
- [4]钟森芳.闽东北火山岩区金银多金属矿成矿规律及成矿预测[D].中国地质大学,2023.
- [5]刘进.某多金属矿雨季钨回收率大幅下滑原因分析及改进措施[J].现代矿业,2019,35(5)226-228.