

矿山地质环境现状调查与评价研究

杜 明

新疆维吾尔自治区地质环境监测研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]对矿山地质环境现状开展调查和评价工作,找出矿山地质环境的地质环境特征、存在的问题以及可能带来的风险。采用多种方法获取数据,分析地形地貌、岩土体、水文地质等要素。根据评价结果可知矿山存在着一定程度的生态破坏、地质灾害隐患。为矿山以后的治理、可持续发展提供科学依据。

[关键词]矿山;地质环境;现状调查;评价研究

DOI: 10.64635/ja.2026.1261

中图分类号: TD167

文献标识码: A

Research on the Current Situation Investigation and Evaluation of Mine Geological Environment

Du Ming

Xinjiang Uygur Autonomous Region Geological Environment Monitoring Institute, Urumqi, Xinjiang 830000, China

Abstract: he investigation and evaluation of the current situation of mine geological environment are carried out to identify the geological environmental characteristics, existing problems, and potential risks of mines. Various methods are adopted to obtain data, and factors such as topography and geomorphology, rock and soil mass, and hydrogeological conditions are analyzed. According to the evaluation results, mines have a certain degree of ecological damage and potential geological disaster hazards. The research provides a scientific basis for future mine governance and sustainable development.

Keywords: mine; geological environment; current situation investigation; evaluation research

引言

随着经济的发展,矿山开发活动越来越频繁,矿山作为重要的资源产地,地质环境状况也引起了人们的广泛关注。掌握矿山地质环境现状,对保证矿山安全生产、减少地质灾害、保护生态环境有着十分重要的意义。本文主要通过通过对矿山地质环境进行全面的调查、科学的评价来发现矿山地质环境的实际情况,从而为矿山管理及决策提供有力的支持。

1 调查方法与数据收集

1.1 资料收集与分析

项目开展前期先对区域基础资料进行系统收集和梳理研判,依靠自然资源主管部门存档资料、以前矿区地质勘查报告、矿山开采设计方案、历年环境治理台账、区域气象水文档案等开展系统整理,资料包含矿区历次矿产开采布局、矿体赋存规律、原有地质勘察结论及历史地质灾害记录等内容,在资料梳理过程中按照地层构造、开采时序、环境变化三个维度完成分类整编,依靠已有文献资料初步划定调查工作重点范围,确定矿区以往开采活动遗留下来的环境问题类型和空间分布大体规律,利用已有研究

成果避免重复勘查作业^[1]。

1.2 野外实地调查

野外实地调查是矿区现状信息实地获取的主要方式,按照由整体到局部、沿开采线路逐段摸排的作业思路进行全域踏勘,调查人员沿露天采场边坡、井下井口布设区、尾矿堆存场地、废渣弃土堆放带、矿区配套建设占地等关键区域开展徒步实地核查,现场逐一记录各类工程扰动造成的地表变形、边坡开裂、地面塌陷、水土流失等直观环境问题,同时核实各类损毁土地的空间分布范围和损毁成因,走访矿区周边村镇和一线生产从业人员,收集矿山开采期间地下水出露变化、山体滑移、植被退化等现场口述信息,结合实地地貌变化完善现场文字记录和实景影像留存,按照开采分区归纳各类环境问题发育特征,将野外踏勘获取的现场实况与前期整理的历史资料相互印证,为后续物探点位布设、样品选取划定精准作业区域^[2]。

1.3 地球物理勘探

地球物理勘探手段主要对地表隐蔽型地质隐患及地下扰动构造进行精细探测,根据矿区地层岩性及以往开采扰动特点选择相应的物探技术,针对采空塌陷隐伏空洞、

地下巷道分布、含水层破坏范围、尾矿堆体内部松散结构等无法用肉眼识别的隐蔽地质体布设探测剖面,按照实地踏勘划定的重点隐患区确定勘探线走向和测点布设密度,利用物探设备获得地层电性、波速等地球物理参数,利用参数变化反演地下空洞规模、破碎岩体分布、地下水渗流通道发育情况,重点探查露天边坡深部潜在滑移结构和尾矿库内部孔隙发育带来的渗漏隐患,将物探解译成果和野外实地发现的地表病害点位一一对应。

1.4 样品采集与测试

根据野外踏勘和物探圈定的重点区域分层布设岩土、地表水、地下水配套样品采集点位,按照岩土分层、水系上下游、尾矿堆不同埋深合理确定取样位置,严格遵循岩土与水环境样品采集规范完成原状岩土试样、矿区地表水与地下水试样封存作业,同时规范样品储运全流程防止转运环节造成样品污染导致检测失真,全部试样统一送往具备资质的专业检测机构进行理化指标试验,岩土样品侧重测定物理力学参数和有害元素含量,水样聚焦酸碱度、重金属组分、可溶性矿物等关键指标开展试验分析^[3]。

2 地质环境现状分析

2.1 地形地貌特征

矿山长期采掘作业不断改变原来的自然地形格局,露天开采直接削切山体原有的坡面形态,形成大面积的人工陡边坡和露天采坑,井下采掘引起的地面塌陷、地裂缝进一步割裂了原始地貌的完整性,尾矿和废渣无序堆筑形成了人工堆积丘体,改变了原有的地表径流走向和微地形起伏的状态,原有的自然沟谷部分被矿渣填埋堵塞,局部地势起伏受到人工堆载和采空塌陷双重影响出现明显的改造,各个开采分区受开采方式的影响地貌扰动程度也存在较大差异,露天开采区地貌改造幅度远大于井工开采区域,原有的自然地貌水系汇流路径、坡面自然稳定条件被人工工程破坏,地形突变区成为滑坡、泥石流等灾害的高发地段,从宏观地貌变化可以直观体现矿山开发对地表形态的改造强度及空间分布特点。

2.2 岩土体工程性质

矿产采掘、爆破扰动、尾矿堆载等人类活动不断改变岩土的原始结构完整性,原生完整岩体在开采爆破震动作用下出现裂隙发育、岩体破碎等问题,风化程度随之加剧,露天边坡部位岩土在开挖卸荷作用下原有的应力平衡被打破,土体密实度下降、抗剪指标出现不同程度的衰减,尾矿废渣堆积形成的工程性能远低于原状地层岩土,部分区域地下水长期入渗浸润岩土体,进一步软化土体结构降

低岩土抗滑能力,受开采扰动影响的各种岩土体稳定性普遍出现退化。

2.3 水文地质条件

矿山井下巷道开挖和疏干排水会直接改变原有的地下水赋存运移规律,矿体开采破坏了含水层天然隔水构造,导致含水层疏干、水位持续下降等现象,部分浅层地下水径流路径被采空区截断,原有的山泉出露点位水量衰减甚至干涸,尾矿堆在雨水淋滤作用下产生的渗滤液沿孔隙下渗逐渐渗入周边含水层,改变地下水化学组分,露天采坑形成人工汇水洼地改变地表水排泄线路,雨季坑内积水下渗又扰动周边地下水动态平衡,矿区上下游地表水受矿渣淋溶废水无序排放影响水质出现异变,地下水补径排体系受采矿工程多重扰动持续重构,水文条件的改变同时诱发地面塌陷、土壤渍化等衍生环境问题。

2.4 生态环境状况

矿山开采占用损毁原有地表植被资源,露天采场、废渣堆场、工业场地等占地范围内原生植被大面积消失,地表裸露面积不断增大,水土流失的发展态势也更加严重,矿区土壤受到尾矿有害物质淋滤的影响而发生理化性质的退化,局部土地出现重金属富集的问题,很难恢复到原来的耕种和植被生长条件,地下水水位下降造成周边林地、农作物根系缺水枯死,矿区周边陆生动植物栖息环境遭到工程建设破坏,生物栖息空间不断缩小,植被连片破坏区域在降雨冲刷的作用下极易产生坡面泥沙流失,极端降雨条件下汇水裹挟矿渣形成次生水土流失和小型泥石流隐患,整体矿区生态系统受到矿产开发扰动呈现破碎化退化的发展趋势^[4]。

3 地质环境评价指标体系

3.1 指标选取原则

指标选取全过程紧密围绕矿区实地调查获得的地质环境基础信息展开,坚持客观性和针对性并重的原则,所有入选评价指标都从矿山开采扰动特征和区域地质本底条件出发进行选择,优先选取能够直接体现地形、岩土、水文、生态四大维度实际变化的要素,兼顾指标的独立性和系统性,避免出现含义相同但名称不同的同类指标重复入选的情况,还要考虑到指标数据的可获取性,依靠野外调查、物探成果和试验检测得到的有效内容来确定参评要素,保证整个指标体系既能全面涵盖矿区地质环境全要素,又能利用现有的实测资料实现量化处理,符合矿山环境评价的现实工作需要,保证后续评价工作的顺利开展。

3.2 评价指标确定

根据前期实地踏勘、物探探测和样品测试汇总出的全部资料,从自然本底条件和人类扰动影响两个方面划分评价指标大类,自然属性上选择地形起伏程度、岩土完整程度、含水层稳定性、原生植被覆盖率四个基本指标,人为扰动上包含边坡开挖扰动强度、采空区发育规模、尾矿堆存体量、水土污染程度、土地损毁面积五个主要指标,全部指标都对应着地貌、岩土、水文、生态这四种环境现状,全面涵盖矿山开发所造成的各种地质环境变化特点,每一个指标都有现场实测信息来确定优劣分级标准,给后续权重赋值和模型运算提供指标基础。

3.3 权重计算方法

利用层次分析法对各个参评指标的权重进行测算,根据矿山地质领域相关规范和矿区现场环境实际情况来建立层次判别框架,从目标层、准则层、指标层逐层构建判别矩阵,综合考虑地质行业技术规范和实地勘查总结出的环境影响规律,对不同的指标进行两两比较赋值,通过一致性检验修正判别偏差后得到各项指标所占权重系数,权重分配充分体现了采矿扰动类指标对矿区环境的主导作用,自然本底类指标按照区域本底脆弱程度合理分配权重,最终得到的权重结果符合矿区地质环境问题发育的客观实际。

3.4 评价模型建立

采用综合指数法建立矿山地质环境综合评价模型,根据分级标准对各项指标进行量化赋值,将已测算出的指标权重代入模型计算公式中,以分区为基本评价单元开展综合指数核算,根据指数数值高低将矿区划分为地质环境优良、中等、较差、差四个质量等级,同时对照野外实地灾害发育点位校验运算逻辑,修正指标量化分级中与现场实况不符的内容,使模型运算结果与矿区实际环境发育规律一致,依靠成型评价模型对全矿区分区块地质环境质量进行定量研判。

4 评价结果与建议

4.1 地质环境质量评价

根据建立的评价模型计算出全矿区各区块综合指数,根据指数分级确定各个区块的地质环境质量等级,优良区主要分布在矿山开采扰动范围小、原生地质条件保存较好的边缘地带,区内岩土完整度高、水文生态未受到明显的人工干扰,中等区以零星小型开采区块为主,局部有轻度植被损毁和浅层岩土风化现象,较差区多分布在露天采场外围和零散废渣堆片区,存在边坡风化开裂、局部水土流

失等问题,差等级区块集中在大型露天采坑、连片尾矿库和老旧井工采空上方,岩土破碎塌陷隐患严重、水土和生态破坏最严重,各等级的空间分布及野外实地勘查发现的环境病害点位高度吻合,准确体现不同开采强度带来的环境差异影响。

4.2 地质灾害风险评估

根据环境分级结果和物探探明的隐伏隐患开展灾害风险分区研判,高风险区主要分布在大型露天高陡边坡下方、老旧采空塌陷易发地带和尾矿库下游区域,受岩土破碎、地下水渗漏和堆载失稳等多重因素的影响,滑坡塌陷和尾矿溃流风险处于高位,中风险区分布在中小型废渣堆场和局部开挖坡面,在强降雨工况下容易诱发小规模滑塌和坡面泥石流,低风险以矿区外围低扰动原生区域为主,地质条件稳定灾害发育概率很低,风险分区充分考虑了地形岩土和水文条件的耦合作用,明确了各类灾害的诱发主控因素和空间发育范围,为后续分区域灾害防控提供精准方向^[5]。

4.3 生态环境影响分析

从评价分级可以看出,环境质量越差的区块土地损毁、植被退化问题越严重,高扰动区块土壤受尾矿淋溶污染严重,原有植被无法自然恢复,地下水水位下降导致周边植被持续缺水退化,水土流失伴随土地损毁同步扩张,优良区域原生生态系统保存完好,受采矿扰动微弱,生态自我修复能力强,中等扰动区域植被呈碎片化分布,经过简易人工治理后可以逐步实现生态恢复,分区对比可以清楚地看出矿山采掘强度和区域生态退化程度呈正相关关系,开采活动是矿区生态系统退化的主要驱动力。

4.4 治理与保护建议

根据环境分级和灾害风险分区的结果来制定差异化的分区分管管控和修复方案,高风险劣质区块优先开展边坡削坡减载、采空回填封堵、尾矿库防渗加固等工程治理措施,同步布设截排水系统阻断雨水入渗加剧岩土劣化,中度扰动区域优先开展废渣规整覆土和乡土植被复种,完善坡面截水沟减轻水土流失的发展,优良管控片区严格限制新增采掘项目,落实用地管控保护原有地质和生态本底,全矿区建立常态化环境动态巡查机制,定期监测边坡、地下水和植被的变化情况,依靠长效管控逐步实现矿区地质环境系统的修复,推动矿山地质条件和生态环境稳步向好发展。

5 结语

综上所述,矿山地质环境调查评价研究有重大的现实意义。本次研究清楚地掌握到矿山地质环境现状及存在的

问题。根据评价结果所提出的治理和保护建议是具体的、可行的。未来要继续重视矿山地质环境的变化,加强监测和管理,使矿山开发同环境保护相协调。

[参考文献]

- [1]杨红章.南沙区历史矿山地质环境现状调查及评价[J].地下水,2024,46(6):190-192.
- [2]魏海东.矿山地质环境调查工作方法研究[J].世界有色金属,2022,(13):193-195.
- [3]周轲.考虑机器学习的矿山地质环境评价与预测研究[D].成都理工大学,2022.
- [4]邢雪,张静,罗跃.徐州市铜山区矿山地质环境现状调查及影响评价[J].能源技术与管理,2020,45(1):161-162.
- [5]赖重阳,窦海鹏.矿山地质环境生态修复现状及治理技术研究[J].中国金属通报,2025,(7):92-94.

作者简介:杜明(1986.11—),男,汉族,新疆乌鲁木齐市人,本科学历,工程师,研究方向为地质矿产。