

矿山开采中的水工环地质问题与地质灾害防治

代建鹏

云南地质工程第二勘察院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2079

[摘要] 随着矿产资源持续不断地被开发,矿山开采活动对地质环境造成的扰动越发明显,使得一系列地质灾害频繁发生,给矿区以及周边居民的生命财产安全造成了严重威胁。基于此,文章探讨了矿山开采过程中的水工环地质问题以及灾害防治策略,依靠详细分析开采活动对地质环境的影响机制和地质灾害的形成原因,提出了有效的防治办法,期望可以为保障矿区安全、推动生态恢复提供科学的依据。

[关键词] 矿山开采; 水工环地; 地质灾害; 防治策略

中图分类号: TD219 **文献标识码:** A

Geological problems and prevention of geological disasters in hydraulic environment in mining

Jianpeng Dai

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., LTD.

[Abstract] With the continuous development of mineral resources, the disturbance caused by mining activities to the geological environment is becoming more and more obvious, which makes a series of geological disasters occur frequently, threatening the life and property safety of the mining area and surrounding residents. This paper discusses the geological problems of the hydraulic engineering environment in the mining process and the strategies of disaster prevention and control, and proposes effective prevention and control measures by analyzing the mechanism of mining activities' influence on the geological environment and the causes of geological disasters in detail, hoping to provide scientific basis for ensuring the safety of mining areas and promoting ecological restoration.

[Key words] mining; Water engineering surrounding the ground; Geological disasters; Control strategy

引言

矿山开采活动给地质、工程地质以及环境地质带来了深远的影响,引发了一系列的灾害情况。文章针对矿山开采活动,深入且细致地分析了其对地质环境所产生的扰动、对工程地质条件造成的改变以及对环境地质带来的影响,同时详细地阐述了如灾害、崩塌、泥石流、地面塌陷以及地裂缝等多种灾害类型。文章还探讨了一系列策略,例如强化地质勘察工作、制定科学合理的开采方案、加强监测与预警措施、实施相应的工程措施以及加强管理与法律法规建设等。

1 矿山开采与水工环地质的内在联系

1.1 矿山开采对水文地质环境的扰动

在矿产资源开发过程中,大规模抽取和排放地下水已成为常规作业,矿坑持续性排水作业引发地下水水位呈漏斗状下降,致使周边天然泉群断流、地表水系萎缩,打破区域地下水系统的动态平衡。以华北地区煤矿为例,开采区长达数年的强排行为导致覆岩含水层呈现带状疏干现象,造成矿区居民饮用水源紧张,更

使得农业灌溉用水面临“水脉截断”的生态困局。值得注意的是,露天堆放的选矿废石和未经处理的矿井涌水,其内含重金属的选矿废水和酸性渗滤液凭借裂隙下渗,引发地下水中砷、铅等有毒元素浓度异常升高,这种复合型污染对生态系统和居民健康构成双重威胁,在区域尺度上造成含水层结构的不可逆破坏^[1]。

1.2 矿山开采对工程地质条件的改变

矿产资源开发过程会打破山体内部原有的力学平衡,形成不同类型的工程地质扰动,地下开采作业形成的采空区会导致上覆岩土层失去承托,引发地表形变与位移现象,露天采掘作业依靠大规模剥离覆盖层,改变岩土体原生结构特征。在金属矿床露天开采实践中,若边坡设计参数与岩体力学特性不匹配,极易触发边坡失稳事故,此类地质灾害威胁矿山自身运营,还会对邻近交通网络及建筑物产生连锁破坏效应^[2]。施工过程中采用的爆破工艺所产生的持续性的振动效应会加剧岩土材料的疲劳损伤,这种动态载荷作用较大提升了边坡滑移、地面塌陷等灾害的

发生风险系数，导致区域工程地质特性发生不可逆改变，为后续工程建设和区域地质安全埋下多重风险源。

1.3 矿山开采对环境地质的影响

矿产资源开发过程中持续产出的固体废弃物无序堆积，造成土地资源浪费，更可能引发连锁性生态问题，岩土堆积体在重力作用下沿坡面滑移，损毁地表植被覆盖层，更会诱发斜坡失稳与表土侵蚀现象。在沟谷地貌区，松散堆积物在降水作用下易形成泥石流物源，当遭遇极端降雨时可能引发次生地质灾害链，造成河道行洪断面缩窄与河床淤积速率倍增，提升流域性洪涝灾害发生概率^[3]。采矿活动释放的酸性气体与金属气溶胶在大气环流作用下发生光化学反应，形成区域性酸沉降现象，导致建筑结构材料加速风化与农作物光合作用受阻，更为严峻的是，含有重金属选矿药剂的尾矿浆体若贮存不当，溃坝事故引发的污染质转移将沿着地表水-地下水双路径扩散，造成土壤理化性质恶化与水生生态系统崩溃，这种复合型环境污染过程往往需要数十年生态修复周期才能实现部分功能恢复。

2 矿山开采引发的地质灾害类型

2.1 地震灾害

地下大规模采矿工程对区域地质构造产生较大扰动效应，其引发的连锁反应在采空区动态扩展过程中非常突出，岩体原始应力平衡状态遭受持续性破坏，当弹性势能积聚达到临界阈值时，往往诱发构造应力突然释放的震源破裂现象^[4]。以煤矿开采为例，持续进行的机械化采掘作业导致地下空间呈几何级数扩张，围岩结构发生渐进式变形与脆性破裂，最终形成有地震波辐射能力的地质断层系统。此类特殊类型的地质灾害事件，其震级参数虽普遍偏低，但由于发震位置紧邻人类活动频繁的矿区邻近区域，常引发次生灾害链式反应，包括工业建筑基础失稳、巷道支护体系崩解及井下作业人员受困等复合型事故，这种由人为开采活动诱发的浅源地震现象，威胁采矿作业连续性，更对矿区人居环境安全构成持续性挑战。



图1 矿山地震

2.2 山体崩塌、滑坡和泥石流

露天采矿作业过程中，大规模开挖作业会打破山体原有的力学平衡状态，当边坡设计参数与地质条件不匹配时，岩土体的抗剪强度会较大下降，在自重应力与地下渗流共同作用下，极易引发复合型岩质滑坡灾害，露天开采过程中无序堆置的松散矿

渣在强降水作用下极易形成碎屑流，这种现象在金属矿床开发区域有典型性特征。此类地质灾害会造成运输系统瘫痪及采矿设备损毁，其引发的碎屑物质运移还会对矿区下游生态系统造成链式破坏，包括耕地资源流失、基础设施损毁以及生物群落异变等次生灾害，对矿区周边居民的生命财产安全构成持续性威胁^[5]。

2.3 地面塌陷

在地下矿产资源的开采过程中，当形成的采空区范围超过地质承载阈值时，岩土体结构的应力平衡将发生不可逆改变，采空区的形成打破了原有地层力学平衡，受自重应力与构造应力的双重作用，岩体内部将产生渐进式破坏，经历蠕变、离层直至整体失稳的动态演变过程，最终在地表形成有较大负地形特征的塌陷区域^[6]。以煤矿和金属矿山为例，随着开采深度与规模的扩大，此类工程性地质灾害已成为普遍性难题，其危害性体现为地表建筑物结构损伤引发的房屋墙体开裂、地基位移等问题，更在于对耕作层稳定性、水文地质环境及交通路网系统的复合型破坏，这种多维度影响机制严重制约着区域经济协调发展，同时衍生出灾后土地复垦成本高昂、生态修复周期漫长等系统性治理难题。

2.4 地裂缝

矿产开发活动诱发的地表形变往往引发地面开裂现象，其成因主要源于两方面力学作用：地下资源采掘形成的采空区导致覆岩层发生差异沉降，产生构造应力集中带并形成地表裂隙，另外矿层疏干排水引发地下水位波动，致使岩土体在干缩湿胀交替作用下发生体积形变而开裂。以石膏、岩盐等易溶蚀矿种开采区域为例，地表裂缝呈现较大的高发特征。此类地质隐患造成农田损毁与农作物生长制约，易诱发地下管网破裂及建筑地基失稳等次生灾害，对矿区及周边基础设施、生态系统形成复合型损害，导致土地功能退化并直接危及居民生命财产安全。

3 矿山开采中地质灾害防治

3.1 加强地质勘察工作

矿山开发前期要依托现代化技术手段开展系统性地质调查，凭借高精度遥感测绘技术精准描绘矿区地形特征、岩层分布及构造演化规律，结合物探技术探查隐伏矿体空间展布形态及围岩稳定性参数，例如依靠三维地震波解析技术准确判断断裂带延伸方向，为巷道布局优化提供科学支撑。同步实施水文地质专项调查，系统查明地下水动态、渗流场特征及隔水层空间结构，预判开采活动对区域水循环系统的扰动效应，基于精细化地质勘察工作，可提前构建灾害预警模型并制定差异化防控策略，有效抑制采动诱发的工程地质灾害风险。

3.2 制定合理的开采方案

基于实地勘查数据编制有工程适应性的开采方案，针对地下开采工程，需科学规划采场分布网络和作业时序，运用充填采矿技术并同步实施采空区充填作业，有效控制围岩位移和冒顶事故概率，露天作业需重点控制开采边坡几何参数，结合岩土力学特征确定稳定坡率，严格规范挖掘作业流程。对于金属矿床开

发,应精确设计开采梯段参数体系,借助台阶高度与宽度的优化匹配维持边坡结构完整性,在实施过程中建立动态优化机制,根据地质反馈数据实时修正工艺参数,实现资源开发与地质安全保障的协调推进,从本质上消除地质灾害诱发因素。

3.3 加强监测与预警

为建立多层次地质灾害预警网络,在矿区地表形变监测中集成应用北斗卫星定位系统与电子测距仪,动态跟踪毫米级地表位移变化,同步开展地下水动态监测工程,依托自动化测井设备对孔隙水压力及离子浓度实施全天候监控。针对露天边坡与地下采空区等隐患区域,采用分布式光纤传感技术实时获取岩体内部应力分布图谱,结合三维激光扫描技术构建裂隙发育数字模型。当监测参数突破预设警戒值时,智能预警平台将自动触发多级响应机制,依托应急通信系统实现预警信息秒级推送,以滑坡高风险地带为例,当边坡位移矢量角发生异常偏转时,系统可联动无人机巡检与智能广播系统,为人员疏散及应急处置预留关键时间窗口,有效提升灾害防控效能。

3.4 工程治理措施

为有效防控矿区现存及潜在地质灾害风险,需实施针对性工程整治方案,针对地表塌陷区域,采用高压注浆填充裂隙和强夯加固作业相结合的方式,提升岩土体密实度与承载性能,在边坡失稳区域构建组合式抗滑桩与重力式挡墙复合支护体系,同时配套建设地表截水沟和地下盲沟排水网络,依靠多维度控制地下水位以消除滑移诱因。对于泥石流高发区段,采取“分段拦截+定向疏导”的综合策略,在沟道上游分段修筑梯级拦沙坝群以削减物源储量,中下游开挖束流排导渠并设置柔性防护网,实现灾害流体的可控排泄,上述工程体系借助多尺度协同作用,能遏制灾害链式发展,重建稳定的地质结构并恢复矿区生态功能。

3.5 加强管理与法律法规建设

建议从制度优化与法治保障双向发力构建系统化的矿山开采管理体系,依靠部门权责清单明确监管主体分工,建立常态化

巡查机制与跨部门联合执法平台,要求采矿单位定期执行安全评估与隐患排查,对违规作业行为实施联合惩戒措施,在法规层面细化开采作业规范,设置严格的资质审查标准,借助技术标准约束作业流程。特别需要建立采矿主体在灾害防控中的法定职责追溯机制。针对引发地质灾害且未履行治理义务的企业,采取生产许可吊销与生态修复保证金扣除等多元追责方式,以制度约束与法律威慑相结合的方式,推动采矿企业将防灾工作纳入日常管理体系,切实维护矿区居民安全权益及生态安全屏障。

4 结语

综上所述,开采活动会对地质环境造成一定的扰动,引发多种灾害,加强勘察、制定合理开采方案、加强监测预警、实施工程措施以及加强管理与法律法规建设等策略,能有效防治矿山灾害。未来要完善防治体系,强化科技支撑,提升防治效能,保障矿区安全与生态恢复,推动矿业可持续发展。

[参考文献]

- [1]李叶刚.矿山水工环地质特征对资源开采的影响[J].世界有色金属,2022,(23):115-117.
- [2]梁玉红,闫云,傅圣涛.矿山地质灾害治理中水工环地质技术的应用研究[J].世界有色金属,2022,(22):130-132.
- [3]张超,薛阳,董雁南.矿山水工环地质特征对资源开采的影响研究[J].内蒙古煤炭经济,2022,(19):190-192.
- [4]徐晓亮.浅析水工环地质勘探在矿山勘查中的应用价值[J].冶金管理,2022,(11):68-70.
- [5]宋涛.水工环地质勘探在矿山勘查中的应用价值分析[J].世界有色金属,2022,(11):142-144.
- [6]张瑞鹏,李岩涛,安成龙.水工环地质技术在矿山地质灾害防治中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2022,(10):181-183.

作者简介:

代建鹏(1996--),男,汉族,云南省祥云县人,本科,水工环初级工程师,从事水工环相关研究。