

矿山地质灾害综合防治策略探讨

陈建科

四川省第十地质大队 四川 绵阳 628000

摘要: 文章聚焦矿山水工环地质灾害综合防治。分析了灾害类型与成因,涵盖水文、工程、环境地质灾害及自然、人为因素。构建风险评估体系,阐述原则、指标及方法。提出综合防治策略,包括防治原则、技术、管理、应急响应等方面。最后探讨防治效果评价与持续改进路径,通过构建指标体系、采用多种评价方法,实现防治工作的闭环管理,助力矿山绿色安全发展。

关键词: 矿山地质灾害; 水工环地质; 综合防治

引言: 矿山开采在推动经济发展的同时,也引发了诸多水工环地质灾害,严重威胁人员安全、生态环境及矿山可持续发展。矿山水工环地质灾害类型多样、成因复杂,涉及水文、工程、环境等多个领域。科学构建风险评估体系,制定有效的综合防治策略,对降低灾害风险、减少损失意义重大。本文将深入探讨矿山水工环地质灾害的综合防治,为矿山安全提供参考。

1 矿山水工环地质灾害类型与成因分析

1.1 主要灾害类型

1.1.1 水文地质灾害: 矿井突水、地面沉降、水土污染

矿山水文地质灾害是矿山开采过程中最常见且危害较大的灾害类型,主要包括矿井突水、地面沉降和水土污染三类。矿井突水是指开采活动破坏地下水隔水层,导致地下水突然大量涌入矿井,造成人员伤亡、设备损毁及生产中断,多发生在地下水丰富、隔水层薄弱的矿区。地面沉降是由于矿山长期疏干排水、开采地下矿产导致地下岩体空隙增大,上部土体失去支撑而发生的缓慢下沉,会破坏地表建筑、道路及农田,影响周边居民生产生活。水土污染则是开采过程中产生的矿渣、废水未经处理直接排放,污染地下水和土壤,不仅破坏生态环境,还会威胁人体健康,其污染范围会随地下水流动和地表径流逐渐扩散,治理难度较大。

1.1.2 工程地质灾害: 边坡失稳、岩爆、巷道塌方

工程地质灾害主要源于矿山开采对岩体结构的破坏,核心类型为边坡失稳、岩爆和巷道塌方。边坡失稳多发生在露天矿山或地下矿山的边坡部位,由于开采切坡、雨水冲刷、岩体风化等因素,导致边坡岩体发生滑坡、崩塌,不仅破坏开采设施,还可能掩埋作业人员^[1]。岩爆是地下开采过程中,岩体在高地应力作用下突然释放能量,导致岩石爆裂并向巷道内弹射的现象,具有突发性和强破坏性,会对巷道支护、采矿设备造成严重损坏,威胁人

员安全。巷道塌方则是因为开采过程中巷道围岩受力失衡、支护不到位或岩体本身稳定性差,导致巷道顶部及侧壁岩石脱落、坍塌,阻碍采矿作业,还可能引发二次灾害。

1.1.3 环境地质灾害: 土地荒漠化、酸雨、生态破坏

矿山水环境地质灾害主要体现为对周边生态环境的长期破坏,主要包括土地荒漠化、酸雨和生态破坏。土地荒漠化多发生在干旱、半干旱地区的矿山,开采过程中破坏地表植被、挖损土地,加上地下水过度疏干,导致地表土壤沙化,土地生产力下降,甚至无法恢复。酸雨是矿山开采过程中排放的二氧化硫、氮氧化物等有害气体,与大气中的水汽结合形成酸性降水,会腐蚀建筑物、破坏土壤和植被,影响农作物生长和周边生态平衡。生态破坏则是开采活动导致地表植被覆盖率下降、生物栖息地破坏,生物多样性减少,同时改变区域水文循环,引发水土流失,进一步加剧区域生态环境恶化,其影响具有长期性和不可逆性。

1.2 灾害成因机制

矿山水工环地质灾害的成因机制复杂,主要分为自然因素和人为因素两大类,二者相互作用、相互影响,共同诱发灾害发生。自然因素是灾害发生的基础条件,主要包括区域地质构造、岩体性质、水文地质条件及气象因素,如断层、裂隙发育的区域岩体稳定性差,易引发巷道塌方和边坡失稳;地下水丰富且隔水层薄弱的矿区,矿井突水风险显著提升;暴雨、暴雨等极端天气会加剧边坡失稳和水土流失。人为因素是灾害发生的主导因素,核心是矿山不合理的开采活动,如过度疏干排水、乱采滥挖、支护不到位、矿渣废水乱排等,破坏了岩体结构和水文循环平衡,诱发各类灾害。

2 矿山水工环地质灾害风险评估体系构建

2.1 风险评估原则

矿山水工环地质灾害风险评估需遵循科学、全面、实用、动态的核心原则,确保评估结果准确可靠,为灾害防治提供科学依据。科学性原则要求评估过程严格遵循地质科学规律,采用成熟的评估方法和技术,结合矿区实际地质条件,避免主观臆断,确保评估数据和结论的科学性。全面性原则要求评估覆盖矿区所有可能发生的水工环地质灾害类型,兼顾自然因素和人为因素,全面分析灾害发生的诱因、影响范围及危害程度,不遗漏任何潜在风险点。实用性原则要求评估体系简洁易懂、可操作性强,评估指标和方法贴合矿山生产实际,能够为矿山灾害防治决策、工程设计提供直接指导^[2]。动态性原则要求根据矿山开采进度、地质条件变化及气象因素波动,及时更新评估数据和结果,确保评估体系能够适应灾害动态变化的需求。

2.2 评估指标体系

矿山水工环地质灾害风险评估指标体系需围绕水文地质、工程地质、环境地质三大灾害类型,构建多层次、全方位的指标体系,涵盖诱发因素、灾害强度、承灾体脆弱性三个核心维度。诱发因素指标包括地质构造复杂度、地下水埋深、岩体稳定性、开采强度、废水排放强度等,用于反映灾害发生的潜在诱因;灾害强度指标包括灾害发生频率、影响范围、破坏程度等,用于量化灾害本身的危害程度;承灾体脆弱性指标包括矿区人口密度、生产设施价值、地表建筑分布、生态环境敏感度等,用于反映承灾体抵御灾害的能力。各指标需根据其重要性赋予相应权重,通过标准化处理,实现对矿区灾害风险的综合量化评估,为后续防治工作提供针对性依据。

2.3 评估模型与方法

矿山水工环地质灾害风险评估需结合矿区实际情况,采用定性与定量相结合的模型与方法,确保评估结果的准确性和实用性。常用的评估模型包括层次分析法、模糊综合评价法、灰色关联分析法等,其中层次分析法用于确定各评估指标的权重,通过构建层次结构模型,将复杂的评估问题分解为多个层次,结合专家意见和实际数据确定指标权重;模糊综合评价法用于处理评估过程中的模糊性问题,对灾害风险等级进行综合评判;灰色关联分析法用于分析各诱发因素与灾害发生的关联程度,明确灾害发生的主要影响因素。同时,结合GIS技术,将评估指标数据可视化,直观呈现矿区灾害风险分布情况,为灾害防治分区、重点防控提供直观支撑。

3 矿山水工环地质灾害综合防治策略

3.1 防治原则

矿山水工环地质灾害综合防治需遵循“预防为主、

防治结合、因地制宜、综合治理”的核心原则,实现灾害的源头防控、过程管控和长效治理。预防为主原则强调优先开展地质勘察和灾害隐患排查,提前识别潜在灾害风险点,采取针对性的预防措施,从源头减少灾害发生的可能性,避免灾害发生后再进行被动处置。防治结合原则要求既要做好预防工作,也要完善灾害发生后的治理措施,实现预防与治理的有机结合,最大限度降低灾害损失。因地制宜原则要求结合矿区的地质条件、灾害类型、开采方式等实际情况,制定贴合实际的防治方案,避免照搬照抄其他矿区的防治经验。综合治理原则要求统筹兼顾水文、工程、环境三大类灾害,整合技术、管理、应急等各类防治资源,形成全方位、多层次的防治体系,实现灾害的长效治理^[3]。

3.2 技术防治措施

技术防治措施是矿山水工环地质灾害防治的核心手段,需针对不同灾害类型制定针对性的技术方案。针对水文地质灾害,采用地下水疏干降压、隔水层加固、废水处理回用等技术,减少矿井突水风险,治理水土污染;针对工程地质灾害,露天矿山采用边坡加固、削坡减载、排水防渗等技术,地下矿山采用巷道支护、岩体注浆加固、岩爆预警监测等技术,防范边坡失稳、岩爆和巷道塌方;针对环境地质灾害,采用植被恢复、土地复垦、空气净化等技术,治理土地荒漠化,减少酸雨产生,修复受损生态环境。同时推广应用智能化监测技术,建立实时监测系统,对地下水水位、岩体位移、有害气体排放等进行实时监测,及时发现灾害隐患,为防治工作提供技术支撑。

3.3 管理优化策略

管理优化策略是矿山水工环地质灾害防治的重要保障,通过完善管理制度、强化监管力度,确保防治措施落地见效。首先,建立健全矿山地质灾害防治管理制度,明确各部门、各岗位的防治职责,将灾害防治工作纳入矿山生产全过程管理,形成“全员参与、层层负责”的管理体系。其次,强化地质勘察和隐患排查管理,定期开展矿区地质勘察工作,全面排查灾害隐患,建立隐患台账,实行“销号管理”,确保隐患及时整改到位。再次,加强开采活动管理,规范开采流程,严禁乱采滥挖、过度疏干排水等不合理开采行为,从源头减少灾害诱因。最后,加强人员培训和宣传教育,提高矿山从业人员的灾害防治意识和应急处置能力,确保防治工作有序开展。

3.4 应急响应机制

完善的应急响应机制能够有效降低矿山水工环地质灾害发生后的损失,确保快速、有序开展应急处置工作。制定针对性的应急救援预案,结合矿区常见灾害类型,

明确应急组织机构、应急响应流程、应急处置措施、应急物资保障等内容,定期组织应急演练,提高应急处置能力。建立应急监测预警系统,一旦发现灾害隐患或灾害发生,及时发出预警信息,通知作业人员撤离,避免人员伤亡。完善应急物资储备,储备足够的救援设备、防护用品、医疗物资等,确保应急处置过程中物资供应充足。建立应急联动机制,加强与当地政府、地质部门、医疗部门的沟通协作,形成应急合力,确保灾害发生后能够快速开展救援、抢险、善后等工作,最大限度降低灾害损失。

4 防治效果评价与持续改进

4.1 评价指标体系

矿山水工环地质灾害防治效果评价指标体系需围绕防治目标,构建科学、全面的评价指标,用于量化防治工作的成效。评价指标主要包括灾害控制指标、生态修复指标、管理落实指标和安全保障指标四大类。灾害控制指标包括灾害发生频率、影响范围、损失程度等,用于评价灾害防治对灾害的控制效果;生态修复指标包括植被覆盖率、土地复垦率、水土污染治理达标率等,用于评价生态环境的修复成效;管理落实指标包括隐患整改率、制度完善度、人员培训率等,用于评价防治管理工作的落实情况;安全保障指标包括人员伤亡率、设备完好率、应急处置效率等,用于评价防治工作对人员和设施安全的保障效果。各指标明确评价标准,通过综合评分,全面评价防治效果。

4.2 评价方法

矿山水工环地质灾害防治效果评价采用定性评价与定量评价相结合、动态评价与静态评价相结合的方法,确保评价结果客观、全面。定量评价主要通过收集各评价指标的实际数据,按照评价标准进行标准化处理和综合评分,量化防治效果,常用方法包括综合评分法、层次分析法、模糊综合评价法等,与风险评估方法相衔接,确保评价的科学性和一致性^[4]。定性评价主要结合专家意见、现场勘查情况,对防治措施的合理性、可行性及防治工作中

的不足进行分析评价,弥补定量评价的局限性。动态评价则根据矿山开采进度、防治措施实施情况及灾害动态变化,定期开展评价工作,及时掌握防治效果的变化趋势,为持续改进提供依据。

4.3 持续改进路径

基于防治效果评价结果,构建矿山水工环地质灾害防治持续改进路径,不断提升防治工作水平。针对评价中发现问题,分析问题产生的原因,优化防治措施,如调整技术方案、完善管理制度、补充应急物资等,确保问题整改到位。加强技术创新,推广应用先进的防治技术和监测设备,提高灾害防控的智能化、精细化水平,降低防治成本,提升防治效果。强化经验总结和交流,借鉴国内外先进矿区的防治经验,结合本矿区实际情况,优化防治体系,避免重复出现同类问题。建立长效改进机制,定期开展防治效果评价,形成“评价—整改—优化—提升”的闭环管理,持续提升矿山水工环地质灾害防治能力,实现矿山绿色、安全、可持续发展。

结束语

矿山水工环地质灾害综合防治是一项长期且复杂的系统工程。通过明确灾害类型与成因,构建科学的风险评估体系,实施针对性综合防治策略,并开展防治效果评价与持续改进,可有效降低灾害发生频率与损失程度。未来,应持续加强技术创新与管理优化,不断提升防治水平,实现矿山开发与生态环境保护的协调共进,推动矿山行业迈向绿色、安全、可持续的高质量发展之路。

参考文献

- [1]刘芳.矿山水工环地质灾害综合防治策略探讨[J].中国金属通报,2025(17):198-200.
- [2]孙明书,李一鸣.水工环地质综合信息系统在矿山管理中的作用[J].中国金属通报,2024(5):101-103.
- [3]裴镭.矿山水工环地质灾害危险性评估研究[J].世界有色金属,2023(3):181-183.
- [4]姚昱文.矿山水工环地质灾害特点及危险性评估技术[J].中国金属通报,2025(20):73-75.