

探索矿山地质灾害治理及生态环境修复

陈淋册¹ 朱建鹏²

1. 四川省金属地质调查研究所 四川省成都市 610000; 2. 青海省地质调查局 青海省西宁市 810000

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11658

[摘 要] 当前矿山开采是我国经济发展中的关键产业，但矿山开采的发展引发了一系列地质灾害和生态环境破坏问题。矿山地质灾害涵盖多种类型，如崩塌滑坡、采空塌陷以及泥石流等，这些灾害不仅危害性巨大，且灾害影响具有长期性。且这些灾害复杂又多样化，给其评估与治理带来了不小的挑战。因此，针对矿山地质灾害治理措施和生态修复技术的研究探索，对确保矿区民众生命财产安全与推动矿业可持续发展具有极重要的作用。

[关键词] 矿山；地质灾害治理；生态环境修复

矿山开发作为我国工业化重要推动力量，在促进国民经济成长方面发挥重要作用。但矿产资源广泛开发带来了矿山地质灾害频发，给生态环境造成严重破坏，成为矿业可持续发展一大障碍。据统计数据，我国超过 90%的矿山存在不同程度地质灾害风险，且这些灾害发生概率仍在上升。鉴于当前矿山地质灾害形势的严峻性，加强这一领域灾害防治与生态环境修复研究显得尤为迫切。

一、矿山地质灾害的几种形式

（一）崩塌滑坡

矿山边坡稳定性问题主要是因采矿活动对自然岩土体结构造成破坏所引起的。采矿活动不仅对边坡稳定性构成挑战，且因常伴随大规模露天开采活动，形成高陡边坡，在重力作用下这些边坡易发生坍塌。恶劣的排水条件或因降雨而入渗，进一步削弱边坡强度，诱导崩滑发生，该类事件不仅对区内基础设施造成严重破坏，还可能殃及临近村庄。因此，确保边坡稳定性评估的精确性，增强监测预警系统效能，并采取必要工程措施来优化边坡斜率，进而完善排水系统。

（二）采空塌陷

采空区稳定性下降是因地下矿石开采而形成的空洞所引起的，因失去支撑，上覆岩层会发生变形和断裂，可能引发地表塌陷，这一过程常导致地表建筑物及设施稳定性降低，并可能诱发一系列次生灾害，如地面裂缝和地面沉降。采空区还会改变地下水循环，破坏含水层，造成水资源枯竭和其他相关生态环境问题。发生采空塌陷的破坏范围广泛，影响时间持续且难治理。因此，在设计和实施矿山开采时，有关部门须重视采空区治理，通过选择合适采矿方法和废弃物料回填来减少采空区面积，并同步加强监测和预警，以期降低灾害风险。

（三）泥石流

矿山开采活动常伴有大量废弃矿石，这些尾矿和废石体积庞大且未经固定，如若堆积于沟谷或斜坡面，在强降雨等极端天气条件下，易与水流混合形成高流速、高冲击力泥石

流。泥石流对矿区生产生活设施以及周边居民营造严重威胁，能摧毁道路、管线等基础设施，破坏生态平衡。因之，对废弃物料进行科学管理，选择合适堆场，构建例如拦挡坝的防护工程，对预防泥石流灾害极有必要。建立健全泥石流监测预警系统，并及时掌握流域降雨状况，必要时组织撤离，都是有效减少灾害损失的重要措施。

二、矿山地质灾害治理及生态环境修复

（一）科学利用地面减沉技术

在对地质灾害频发的矿山区域，实施地面减沉技术是确保环境安全、预防灾害的关键措施，这要求在矿山开采前需深入研究地下矿层分布情况、构造断裂及其他地质特征，并依据这些资料设计减沉方案。采取适当减压排采、压注材料等措施，精确计算，合理布置注水井和排水井，以实现地下物质动态平衡。对已开采地区可通过适时充填材料和加压技术来支撑地表，减缓沉降速度。分布式光纤传感技术应用可实时监测地层位移，以便及早发现异常并采取补救措施，减少地面沉陷，且同时也减轻了地面裂缝风险，为后续土地开发提供保障。

（二）使用种植复垦技术

在受影响矿山区，利用植被复垦技术对水土保持和生态修复具有重要作用。通过科学选择适应的植物种类，特别是对特定污染物有较高吸收能力的本土植被，能进一步稳固土壤，防止因风化和侵蚀导致生态退化，这意味着在复垦中需对不同边坡特点进行分析并采取差异化植被布局策略。例如，采用护坡草皮、灌木和树丛相结合的多层次植被系统，以达更佳地面稳定性。通过创建生物梯田，也就是在不同角度斜坡上形成分层种植的农田带，可有效提高坡地保水能力并降低径流速度。在恢复过程中，施行适当土壤改良措施，例如施以有机肥料及客土，可增加复垦区域生态质量。从长远角度来看，这些做法不仅预防水土流失，且建立了矿地重新利用的基础，各度数边坡处理方式见表 1。

表 1 各度数边坡处理方式

不同度数	边坡处理方式
小于 30°	针对弃渣及排土场，可以改良土壤，之后采用植树造林手段优化环境；对于采石基地，可通过客土法来修复
介于 30° 至 45° 之间	使用生态复绿技术进行修复
介于 45° 至 60° 之间	在确保边坡稳定前提下，开展削坡，之后通过水泥网格修复
介于 60° 至 80° 之间	对于陡峭型岩壁，可运用种槽技术，来实现修复
介于 80° 至 90° 之间	使用混合喷播方法开展绿化

（三）落实测绘工作

精准并及时的测绘工作对矿业地质灾害预防至关重要，它贯穿于矿业开采全过程，自矿业规划开始至闭坑阶段每个环节，都需全面开展科学细致的测绘活动。在矿业规划与设

计初期，需依赖专业测绘团队细致勘测矿区周遭地形、地质结构及其水文特征等因素，确保矿业工程及尾矿库布局能适应地质条件。在施工开展阶段，施工过程地质测绘工作有助于实时监测并及时处理因施工活动可能出现的地质灾害风

险。随着采掘活动进入生产阶段,在重点区域周期性进行地形与地质测绘工作,为了解地质条件变化与潜在灾害预警,提供有力数据支持。

闭坑阶段尤为关键,这时测绘工作对全面评估地质状况及恢复土地原貌很重要。在实际操作中,应用各种现代测绘技术,如GPS、激光雷达、三维激光扫描以及光纤传感等,能显著提高测绘精度和效率,这些先进科技可更加准确地揭示地质构造、地表形变等关键信息。随着信息化发展,将测绘成果进行数字化和信息化管理,建立起统一的矿山地质环境保护数据库已成为现实。此方式可实现地质信息及时更新和资源共享,极大增强了对灾害的防御能力。

(四) 加强矿山开采控制与采后治理

在防治矿山地质灾害方面,矿山开采全周期控制与采后治理是关键所在。从矿物质勘探到最终闭坑,都需落实控制措施来平衡资源开发与生态保护。在矿山开采前须通过科学审查,确保其规划与设计不仅符合经济效益,同时满足地质灾害防控高标准要求。开采中的要害区域如采场边坡、排土场以及尾矿库地质灾害隐患排查和监测预警变得至关重要。严格的巡查制度和及时的应急处理措施应严格执行,以降低灾害风险。至于矿山开采方式,矿山企业应积极采用更为环保的技术,例如回填技术、条带式开采等,借此减少开采中固体废弃物产生。至于环境恢复,矿业闭坑后复垦工作同具有战略意义。生态修复项目应结合地形地貌特征,恢复植被覆盖、改善土地质量,优先构筑出稳定而健康的生态系统。

(五) 完善地质安全防护体系构建

一个完整、高效的地质安全防护体系对矿业地质灾害防治极为重要,这一体系建立需综合考虑工程措施和非工程措施两方面:①工程措施方面针对典型灾害,如崩塌滑坡、泥石流等,须采取切实可行防护工程,如排水、边坡支护以及抗滑桩等来提升矿山稳固性。采空区等易塌陷地带需有效回填措施以达预控效果。对已实施的防护工程要定期进行安全评估和加固,确保长期稳定运行。②非工程措施包括立法规章建立与完善、技术标准规范化等,这些都是规范矿业开发重要环节。灾害监测预警系统建设目的是实现灾害早期发现、预警和人员撤离。风险管控机制强化则能有效从源头上减少灾害可能带来的损失。为提升矿区群众和职工防灾意识和能力,须进行地质灾害防范知识宣传和教育,以提高自我保护能力。只有这样综合运用多种手段和措施,才能构建出一个多层次、全方位的地质安全防护系统。

三、工程案例分析

(一) 工程项目基本情况

为深入探索矿山地质灾害治理及生态环境修复领域可行性方案,本文选择一个具有代表性的废弃含铁砂矿综合治理项目进行案例研究。项目所在地总治理面积覆盖18.87平方公里,其中废弃矿坑占地8.37平方公里,其余土地以未利用荒地为主,部分区域有少量植被分布。通过这一案例分析,旨在揭示该区域所面临的主要地质灾害与生态环境问题,并据实证研究,提出一系列有效解决措施和建议。

(二) 矿山主要的地质灾害与生态环境问题

1. 区域的地形地貌被严重破坏

在先前处于静谧状态的低山丘陵地区,曾因广袤森林覆盖而显得格外平和。矿业开采活动的开展,悄然间改变了这一生态原貌。作为废弃矿山主要资源提取区域,原有的地貌被破坏、抬升和挖掘,导致地形变化,继而是植被消失和土壤退化,大量砂石堆积等,这些没有进行适当处理的砂堆遍布四周,严重削弱了地形稳定性和自然景观特征。

2. 矿山潜在较多地质灾害

原开采场所遗留下来的露天采坑与开挖所形成的高陡边坡,成为地质稳定性受威胁的关键因素。而大量开采废弃物使原本应妥善处理的砂石堆积,又因管理不善,留下的废石堆诱发潜在的地质灾害。这些堆积物料大量沉积,在雨水冲刷下可能诱发山体滑坡与崩塌,甚至导致泥石流等突发灾害。该废弃矿区的地质状况,不只反映一段开采历史的后果,也突出因缺乏科学管理而导致的未来潜在风险。

3. 生态环境遭到严重污染

废弃矿区还表现出生态环境污染问题。矿石提炼与加工活动产生大量固体废物,这些废物在无法得到及时有效处理情况下,经自然过程,尤其是风化作用与流水侵蚀,释放出有潜在害处的化合物,影响土壤、空气和水源质量。特别是在春季,矿区有频发扬尘事件风险,沙漠化严重时更可能导致沙尘暴。冬季时,低温度条件下出现逆温现象常导致空气污染物浓度进一步上升,水中含有的有害金属离子影响水质,恶化矿区土壤和水资源状况,这对自然环境影响深远且持久。

(三) 治理修复方案

1. 地质灾害治理措施

对矿区地质灾害治理,首要任务是针对废砂堆以及尾矿砂堆进行及时清理,并采取科学方法对这些堆积物进行处理和优化边坡。治理工作还应涵盖对矿区地貌改造,通过平整土地和翻耕作业,确保土地平整层达至少0.3米厚度。在露天采场边坡治理中,通过削减边坡高度和清除稳定危岩体,并使用表土和其他土壤回填并平整,以实现采场稳定和安全。对矿区内废弃建筑物须予以拆除,并完成陡峭坡面削减,防止地质灾害。

2. 生态环境修复对策

生态修复关键措施包括五个方面:①建设沙生灌木林区:鉴于矿区在春冬季易受大风侵袭且频繁发生沙尘暴,为抵御这类环境风险,应规划并实施沙生灌木林区建设。在树种选择上,需与当地草地植被相结合,以达防风固沙,减少土壤流失目的。②设置外围防护林带:在核心治理区域外围,建造长距离防护林带以抵御风沙侵袭,同时固定沙土。防护林带应选用与当地生态相适应的乡土树种,并进行定期节水灌溉来保障其生存。③建立地域性药材种植区:基于对该矿区地方产业特色的深入研究,推广特色农作物种植,通过这种方式不仅可丰富景观,还能扩展生态修复面积。④采用“光伏+”模式:结合光伏板种植灌木及牧草,旨在最大化土地利用,实现光伏产生经济效益与生态保护的双重目标,为地区经济发展开辟新空间和机会。⑤创建植被恢复区:植被恢复区建立需考虑与防护林带的关联性,选址在防护林带适应位置,以发挥最佳防风固土作用。

总结

针对矿山地质灾害和生态环境破坏问题,本文研究揭示了综合技术路径与恢复生态系统必要性,旨在促进区域可持续发展与生态保护。随着相关技术改进与政策的完善,将为矿业开发带来更加严格的安全保障标准和环境责任。这也为未来可能出现的地质灾害风险提供潜在解决方案,以期实现人与自然和谐共处,并在维护矿山安全、保护生态环境和推动地区经济协调发展方面发挥积极作用。

[参考文献]

- [1] 马志文. 探讨矿山地质灾害治理及生态环境修复[J]. 世界有色金属, 2024 (3): 139-141.
- [2] 宋红志, 张健, 李朋. 矿山工程地质灾害防治及生态环境修复对策分析[J]. 中国减灾, 2024 (11): 58-59.
- [3] 葛淑静. 矿山地质环境影响预测评估与恢复治理研究[J]. 煤炭技术, 2024 (6): 160-164.