

矿山水工环地质灾害的影响因素及防治措施

马艳荣 李 敏

山西金地源地质科技有限公司 山西 晋中 030600

摘 要：本文探讨了矿山水工环地质灾害的影响因素及防治措施。分析了地质内部因素（如地质构造、岩土性质）和环境外部因素（如降雨、人类活动）对地质灾害的影响。提出了包括加强地质勘查、完善监测预警系统、科学规划开采、生态修复、政策法规支持以及利用现代科技手段在内的综合防治措施。旨在提高矿山开采的安全性，保护生态环境，实现可持续发展。

关键词：矿山水工环地质灾害；影响因素；防治措施；地质勘查；生态修复

1 引言

随着经济的快速发展，人们对矿产资源的需求不断增加，矿山开采活动日益频繁。然而，矿山开采过程中往往伴随着一系列水工环地质灾害，如地震、山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷和地裂缝等。这些灾害不仅严重威胁着矿山工作人员的生命财产安全，还对周边环境造成不可逆转的损害。因此，深入研究矿山水工环地质灾害的影响因素，并采取有效的防治措施，对于保障矿山安全开采、促进可持续发展具有重要意义。

2 矿山水工环地质灾害的影响因素

2.1 地质内部因素

2.1.1 地质构造。地质构造是影响矿山水工环地质灾害的重要因素之一。复杂的地质构造往往导致岩层破碎、节理发育，为地质灾害的发生提供了有利条件。例如，在断层、褶皱等地质构造发育的地区，岩层稳定性较差，容易发生滑坡、崩塌等灾害。特别是在矿山开采过程中，地下开采活动会破坏原有的地质结构，进一步加剧地质灾害的风险。

2.1.2 岩土性质。岩土的性质直接影响着地质灾害的发生和发展。不同类型的岩土具有不同的物理力学性质，如抗压强度、抗剪强度、渗透性等。当岩土体受到外力作用时，如降雨、地震等，其稳定性会发生变化。例如，软弱岩土体在受到降雨入渗后，抗剪强度会显著降低，容易发生滑坡、泥石流等灾害。此外，岩土体的风化程度也会影响其稳定性，风化严重的岩土体更容易发生崩塌、滑坡等灾害。

2.2 环境外部因素

2.2.1 降雨。降雨是诱发矿山水工环地质灾害的重要因素之一。大量的降雨会导致岩土体含水量增加，降低其抗剪强度，增加滑坡、泥石流等灾害的发生风险。特别是在暴雨季节，短时间内的大量降雨会迅速提高岩土

体的含水量，使其达到饱和状态，进而引发地质灾害^[1]。例如，在一些山区矿山，暴雨常常引发山体滑坡、泥石流等灾害，给矿山生产和周边居民的生命财产安全带来严重威胁。

2.2.2 人类活动。人类活动也是影响矿山水工环地质灾害的重要因素。不合理的矿山开采活动会破坏地质结构，导致地质灾害的发生。例如，过度开采会导致地下采空区面积增大，引发地面塌陷等灾害。此外，矿山开采过程中产生的废渣、废石等废弃物如果随意堆放，也可能引发滑坡、泥石流等灾害。另外，人类活动对植被的破坏也会加剧地质灾害的发生。植被具有保持水土、稳定山坡的作用，当植被被破坏后，山坡的稳定性会降低，容易发生滑坡、泥石流等灾害。

3 矿山水工环地质灾害的防治措施

3.1 加强地质勘查与评估

3.1.1 详细地质勘查。在矿山开采前，应进行详细的地质勘查工作，查明矿区内的地质构造、岩土性质、水文地质条件等情况。通过地质勘查，可以了解矿区内的地质灾害发育情况，为制定防治措施提供科学依据。例如，可以采用钻探、物探等技术手段，查明矿区内的断层、褶皱等地质构造发育情况；通过取样分析，了解岩土体的物理力学性质；通过水文地质勘查，查明矿区内的地下水分布、水位变化等情况。

3.1.2 地质灾害危险性评估。在地质勘查的基础上，应对矿区内的地质灾害危险性进行评估。评估内容应包括地质灾害的类型、规模、分布状况、危险程度等方面。通过评估，可以确定矿区内地质灾害的重点防治区域，为制定防治措施提供指导^[2]。例如，可以采用定量评估方法，如层次分析法、模糊综合评价法等，对矿区内的地质灾害危险性进行量化评估；也可以采用定性评估方法，如专家打分法、类比法等，对地质灾害危险性进行

初步判断。

3.2 完善监测预警系统

3.2.1 建立监测网络。建立完善的地质灾害监测网络,实时监控矿区地质状况变化。监测内容应包括地表位移、地下水位变化、降雨量等方面。通过在矿区设置监测点,安装监测设备,如位移计、水位计、雨量计等,可以实时获取监测数据。例如,可以在滑坡体上设置位移计,监测滑坡体的位移变化情况;在地下水井中设置水位计,监测地下水位的变化情况;在矿区设置雨量计,监测降雨量的变化情况。

3.2.2 预警信息发布。根据监测数据,及时发布地质灾害预警信息。当监测数据超过预警阈值时,应立即发布预警信息,通知矿山工作人员和周边居民采取防范措施。预警信息应包括地质灾害的类型、规模、发生时间、地点、影响范围等方面的内容。例如,当监测到滑坡体位移速度加快时,应立即发布滑坡预警信息,通知相关人员撤离危险区域。

3.3 科学规划开采活动

3.3.1 合理确定开采方案。在矿山开采过程中,应合理确定开采方案,避免对地质结构造成过度破坏。开采方案应包括开采方法、开采顺序、开采强度等方面的内容。例如,可以采用充填法、崩落法等开采方法,减少对地质结构的破坏;按照从上到下、从外到内的顺序进行开采,避免形成大面积采空区;根据矿山的实际情况,合理确定开采强度,避免过度开采导致地质灾害的发生。

3.3.2 加强开采过程管理。在开采过程中,应加强管理,确保开采活动按照既定的方案进行。应建立健全的管理制度,明确各级管理人员的职责和权限;加强对开采过程的监督检查,及时发现和纠正违规行为;加强对开采设备的维护保养,确保其正常运行。例如,可以定期对开采现场进行巡查,检查开采方法是否正确、开采顺序是否合理、开采强度是否适中等方面的情况;对开采设备进行定期检修和保养,确保其性能稳定可靠。

3.4 实施生态修复与治理

3.4.1 植被恢复。在矿山开采过程中和开采结束后,应加强植被恢复工作。通过植树造林、种草等方式,恢复矿区的植被覆盖度,提高山坡的稳定性。植被恢复应选择合适的植物种类和种植方式,确保植被能够正常生长并发挥保持水土、稳定山坡的作用^[3]。例如,可以选择适应当地气候条件的乡土树种进行植树造林;在山坡上种植草本植物,形成草皮覆盖层,减少水土流失。

3.4.2 工程治理。对于已经发生的地质灾害或存在

地质灾害隐患的区域,应采取工程治理措施进行防治。工程治理措施包括修建挡土墙、抗滑桩、排水沟等防护工程。例如,可以在滑坡体前缘修建挡土墙,阻挡滑坡体的下滑;在滑坡体上设置抗滑桩,提高滑坡体的稳定性;在矿区设置排水沟,将地表水和地下水及时排出矿区,减少水对岩土体的侵蚀作用。

3.5 加强政策法规支持与监管

3.5.1 完善法律法规。政府应出台相关法律法规,规范矿山企业的开采行为,要求其承担相应的地质灾害防治责任。法律法规应明确矿山企业在地质灾害防治方面的义务和责任,如进行地质勘查、制定防治措施、建立监测预警系统等方面的要求。同时,应加大对违法违规开采行为的处罚力度,提高矿山企业的违法成本。

3.5.2 加强监管执法。政府相关部门应加强对矿山企业的监管执法力度,确保矿山企业按照法律法规的要求进行开采活动。应定期对矿山企业进行监督检查,检查其是否按照规定进行地质勘查、是否制定并执行防治措施、是否建立监测预警系统等方面的情况。对于存在违法违规行为的矿山企业,应依法进行处罚,并责令其限期整改。

3.6 利用现代科技手段提高防治水平

3.6.1 遥感技术(RS)。遥感技术可用于大面积快速获取地质灾害相关信息。通过卫星遥感图像,可以监测矿区的地表变化情况,如滑坡体的位移、地面塌陷的范围等。遥感技术具有监测范围广、获取数据快速等优点,可以为地质灾害的监测和预警提供重要支持。例如,可以利用遥感技术定期对矿区进行监测,及时发现地表变化情况,为制定防治措施提供依据。

3.6.2 地理信息系统(GIS)。地理信息系统可以帮助分析地质灾害的空间分布特征及其发展趋势。通过将地质灾害监测数据、地质勘查数据等信息输入到地理信息系统中,可以进行空间分析和统计分析,了解地质灾害的分布规律和发展趋势^[4]。例如,可以利用地理信息系统对矿区内的滑坡、泥石流等灾害进行空间分析,确定灾害的重点防治区域;对地质灾害的发展趋势进行预测,为制定长期防治规划提供依据。

3.6.3 全球定位系统(GPS)。全球定位系统可以精确定位地质灾害点的位置,便于后续管理。通过在矿区设置GPS监测点,可以实时获取地质灾害点的位置信息。当地质灾害发生时,可以迅速确定灾害点的位置,为应急救援和治理工作提供准确的信息。例如,在滑坡体上设置GPS监测点,可以实时监测滑坡体的位移情况,当滑坡体发生位移时,可以迅速确定其位置并采取相应的防

治措施。

3.6.4 无人机(UAV)。无人机可以高效采集高分辨率影像资料,辅助灾害评估与监测。无人机具有机动性强、操作灵活等优点,可以在复杂的地形条件下进行监测和拍摄。通过无人机采集的高分辨率影像资料,可以了解矿区的地表变化情况、地质灾害的发育情况等。例如,可以利用无人机对矿区内的滑坡、泥石流等灾害进行监测和拍摄,获取详细的影像资料,为灾害评估和治理工作提供依据。

4 案例分析

4.1 新疆丰源煤矿水害事故

4.1.1 事故概况。2021年4月10日,新疆维吾尔自治区昌吉州呼图壁县白杨沟丰源煤矿发生水害事故。事故发生时,掘进工作面接近井田边界,未严格执行探放水措施,综掘机掘透周边已关闭煤矿的越界废弃巷道,导致矿井被淹,造成21人死亡。

4.1.2 事故原因分析。(1)水文地质条件勘查不清:新疆丰源煤矿未查明井田范围内及周边采空区、老窑分布范围及积水情况,事故救援时从井下排出100多万立方米积水。(2)探放水措施落实不到位:在井田边界接近已关闭相邻煤矿时,未按规定实施超前探放水措施,在未消除水害威胁的情况下盲目掘进。(3)发现透水征兆未停止作业:技术人员和物探人员在事故前在掘进工作面迎头发现顶部锚杆和锚索均有淋水、短探孔出水、煤壁挂汗等透水征兆后,仍未停止作业、撤出人员、分析原因。

4.1.3 防治措施建议。(1)加强水文地质勘查:在矿山开采前,应详细查明矿区内的水文地质条件,包括地下水分布、水位变化、采空区积水等情况。(2)严格落实探放水措施:在掘进过程中,应严格执行探放水措施,特别是在接近井田边界、老窑区等区域时,应进行超前探放水,确保消除水害威胁后再进行掘进。(3)提高应急处置能力:矿山企业应建立完善的应急预案和应急处置机制,当发现透水征兆时,应立即停止作业、撤出人员,并采取相应的应急处置措施。

4.2 山西大红才铁矿透水事故

4.2.1 事故概况。2021年6月10日,山西省忻州市代县大红才矿业有限公司发生透水事故。事故原因是企业违规开采主行洪沟下方保安矿柱,造成主行洪沟塌陷,降雨汇水径流沿塌陷坑进入采空区,采空区积水量迅速

增加、水压增大,突破违规开采作业形成的与采空区之间的薄弱岩层,导致透水事故发生,造成13人死亡。

4.2.2 事故原因分析。(1)违规开采:企业违规开采主行洪沟下方保安矿柱,破坏了岩体的稳定性,导致主行洪沟塌陷。(2)降雨汇水:降雨汇水径流沿塌陷坑进入采空区,增加了采空区的积水量和水压。(3)薄弱岩层突破:违规开采作业形成的与采空区之间的薄弱岩层在积水量和水压增大的情况下被突破,导致透水事故发生。

4.2.3 防治措施建议。(1)严格遵守开采规定:矿山企业应严格遵守开采规定,不得违规开采保安矿柱等关键部位,确保岩体的稳定性。(2)加强降雨监测与防范:在降雨季节,应加强降雨监测和防范工作,及时采取措施防止降雨汇水进入采空区等危险区域。(3)强化岩体支护与治理:对于存在薄弱岩层的区域,应采取加固支护措施,提高岩体的稳定性;对于已经形成的塌陷坑等危险区域,应及时进行治理和修复。

结语

矿山水工环地质灾害的影响因素复杂多样,包括地质内部因素和环境外部因素。为了有效防治这些灾害,需要采取综合措施,包括加强地质勘查与评估、完善监测预警系统、科学规划开采活动、实施生态修复与治理、加强政策法规支持与监管以及利用现代科技手段提高防治水平等。通过案例分析可以看出,不同的矿山地质灾害具有不同的特点和原因,需要针对具体情况制定相应的防治措施。在未来的矿山开采过程中,应充分重视地质灾害防治工作,确保矿山生产的安全和可持续发展。同时,政府、企业和科研机构应加强合作,共同推动矿山水工环地质灾害防治技术的研发和应用,为保护生态环境和人民生命财产安全做出更大的贡献。

参考文献

- [1]杨帆.矿山水工环地质灾害的影响因素及防治措施[J].世界有色金属,2023,(18):220-222.
- [2]刘庄德.矿山水工环地质灾害综合防治策略的研究与实践[J].中国减灾,2025,(05):50-51.
- [3]徐志红,周彦慧.水工环地质技术在矿山地质灾害防治中的应用探究[J].中国金属通报,2025,(01):213-215.
- [4]何勇.矿山水工环地质灾害危险性评估改善思路探究[J].中国金属通报,2024,(11):204-206.