

水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用探究

罗朝德 何兆钦

云南省有色地质局三一七队 云南 曲靖 655000

摘要: 随着矿山开采活动的不断推进,矿山地质灾害问题日益凸显,对生态环境、人员生命安全以及经济发展造成了严重威胁。水工环地质技术作为一门综合性技术,在矿山地质灾害治理中发挥着至关重要的作用。本文深入探讨了水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的具体应用,分析了其应用优势与面临的挑战,并提出了相应的优化策略,旨在为提高矿山地质灾害治理水平提供理论参考与实践指导。

关键词: 水工环地质技术; 矿山地质灾害; 灾害治理; 技术应用

1 引言

矿山地质灾害是指在矿山开采过程中,由于自然因素或人为活动引发的对人类生命财产、生态环境造成破坏的地质现象,如滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝等。这些灾害不仅破坏了矿山周边的地质环境,还影响了矿山的正常生产和周边居民的生活。水工环地质技术涵盖了水文地质、工程地质和环境地质等多个领域,通过综合运用各种地质调查、监测和分析方法,能够准确识别矿山地质灾害的成因、类型和分布规律,为制定科学合理的治理方案提供依据。因此,深入研究水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用具有重要的现实意义。

2 矿山地质灾害的主要类型及成因

矿山地质灾害主要有滑坡、泥石流、地面塌陷和地裂缝。滑坡是斜坡岩土体沿软弱面下滑,可损坏设施、致伤亡及交通中断;泥石流是含泥沙石块的洪流,破坏力强;地面塌陷是地表岩土体下陷成坑,破坏建筑、农田和交通;地裂缝是地表开裂,影响建筑和农田水利。成因上,自然因素有地质构造(如断层褶皱降低岩体稳定性)、地形地貌(陡峭地形增风险)、气象水文(暴雨洪水削弱抗剪强度);人为因素包括矿山开采(不合理开采破坏应力平衡)、工程建设(改变边坡形态和应力)及地下水开采(过度开采致地面沉降和地裂缝)。其发生是自然与人为共同作用,需科学防治。

3 水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用

3.1 水文地质技术在矿山地质灾害治理中的应用

3.1.1 地下水动态监测

通过在矿山周边布置地下水监测井,实时监测地下水位、水质和水温等参数的变化情况。根据监测数据,分析地下水的补给、径流和排泄条件,以及地下水与矿山地质灾害之间的关系^[1]。例如,当发现地下水位异常上

升时,可能预示着即将发生滑坡或泥石流等灾害,此时可以及时采取相应的防范措施,如疏排地下水、加固边坡等。

3.1.2 水文地质勘察

在矿山地质灾害治理前,进行详细的水文地质勘察,查明矿区的含水层、隔水层分布,地下水的类型、补给来源和排泄途径等。通过水文地质勘察,可以评估地下水对矿山地质灾害的影响程度,为制定合理的治理方案提供依据。例如,对于因地下水活动引发的地面塌陷灾害,可以通过水文地质勘察确定地下水的流动方向和范围,采取帷幕注浆等措施切断地下水的补给通道,从而防止地面塌陷的进一步发展。

3.1.3 地下水控制技术

根据矿山地质灾害的特点和地下水的情况,采用合适的地下水控制技术。常见的地下水控制技术包括排水、降水、截水和回灌等。排水技术是通过设置排水沟、排水管等设施,将地下水排出矿区,降低地下水位;降水技术是采用井点降水、深井降水等方法,使地下水位降低到安全水位以下;截水技术是通过修建截水墙、截水沟等工程,阻止地下水的流入;回灌技术是将处理后的水回灌到地下含水层中,以维持地下水的动态平衡。例如,在地下开采矿山中,为了防止采空区上覆岩层因地下水浸泡而发生塌陷,可以采用排水和降水技术,降低采空区周围的地下水位。

3.2 工程地质技术在矿山地质灾害治理中的应用

3.2.1 岩土体稳定性评价

运用工程地质勘察手段,如钻探、坑探、物探等,获取矿山岩土体的物理力学性质参数,如岩石的密度、抗压强度、抗剪强度等。通过建立岩土体稳定性分析模型,对矿山边坡、采空区等部位的岩土体稳定性进行评价。根据评价结果,确定地质灾害的危险程度和可能发

生的范围，为制定治理措施提供依据。例如，对于稳定性较差的边坡，可以采用极限平衡法、有限元法等方法进行稳定性分析，计算出边坡的安全系数，判断边坡是否处于安全状态。

3.2.2 边坡加固技术

针对矿山边坡滑坡等地质灾害，采用合适的边坡加固技术。常见的边坡加固技术包括锚杆（索）加固、抗滑桩加固、挡土墙加固等。锚杆（索）加固是通过在边坡体内打入锚杆（索），将边坡岩土体与稳定岩层连接在一起，提高边坡的抗滑能力；抗滑桩加固是在边坡滑动面以下设置抗滑桩，通过桩身承受滑坡推力，阻止边坡滑动；挡土墙加固是在边坡前缘修建挡土墙，支撑边坡岩土体，防止其坍塌^[2]。例如，在某露天矿山边坡治理中，采用了锚杆（索）与格构梁相结合的加固技术，有效地提高了边坡的稳定性，防止了滑坡灾害的发生。

表1 边坡加固技术对比分析表

加固方案	适用坡度	施工周期	成本(元/m³)	稳定性系数提升
锚杆+格构梁	45°-60°	45天	850	1.35→1.62
预应力锚索	60°-75°	60天	1200	1.28→1.54
抗滑桩	> 75°	90天	1500	1.20→1.45

数据来源：某露天矿山边坡治理工程实践

3.2.3 采空区治理技术

对于矿山开采形成的采空区，根据采空区的规模、埋深和地质条件等因素，选择合适的治理技术。常见的采空区治理技术包括充填法、崩落法和封闭法等。充填法是将水泥、粉煤灰、矸石等材料充填到采空区中，支撑上覆岩层，防止地面塌陷；崩落法是通过爆破等方式使采空区上覆岩层崩落，填充采空区，消除采空区对地面建筑物和设施的影响；封闭法是对采空区进行封闭处理，防止人员和动物进入，避免发生安全事故。例如，在某金属矿山采空区治理中，采用了全尾砂胶结充填技术，将全尾砂与水泥等胶凝材料混合后充填到采空区中，取得了良好的治理效果。

3.3 环境地质技术在矿山地质灾害治理中的应用

3.3.1 矿山地质环境调查与评价

开展全面的矿山地质环境调查，查明矿山开采对周边地质环境的影响程度和范围，包括土地资源破坏、水资源污染、生态破坏等方面。运用环境地质评价方法，对矿山地质环境质量进行评价，划分出不同的环境质量等级。根据评价结果，制定相应的矿山地质环境保护与恢复治理方案。例如，通过调查发现某矿山开采导致周边土地荒漠化严重，水资源受到污染，生态环境遭到破坏。根据环境地质评价结果，制定了包括土地复垦、水

资源治理和生态修复等内容的综合治理方案。

3.3.2 矿山地质灾害预警系统建设

利用环境地质监测技术，如卫星遥感、无人机监测、地面传感器监测等，建立矿山地质灾害预警系统。通过对矿山地质环境参数的实时监测和数据分析，及时发现地质灾害的前兆信息，如地表变形、地下水位变化、岩土体应力变化等。当监测数据超过设定的预警阈值时，及时发布预警信息，通知相关部门和人员采取防范措施，减少地质灾害造成的损失。例如，在某矿山建立了基于卫星遥感和地面传感器监测的地质灾害预警系统，能够实时监测矿山边坡的变形情况，当边坡变形速率超过一定值时，系统会自动发出预警信息，为矿山安全生产提供了有力保障。

3.3.3 矿山生态修复技术

针对矿山开采造成的生态破坏，采用合适的生态修复技术。常见的生态修复技术包括植被恢复、土壤改良、水体净化等。植被恢复是通过种植适合当地生长的植物，恢复矿山植被覆盖，防止水土流失，改善生态环境；土壤改良是通过添加有机肥料、改良剂等，改善土壤的物理化学性质，提高土壤肥力，为植物生长创造良好条件；水体净化是通过建设人工湿地、污水处理设施等，对矿山废水进行处理，使其达到排放标准，保护水资源。例如，在某煤矿废弃矿山的生态修复中，采用了客土喷播、植生袋护坡等植被恢复技术，以及添加腐殖酸、微生物菌剂等土壤改良技术，使矿山生态环境得到了明显改善。

表2 矿山生态修复技术经济指标

修复技术	植被覆盖率	土壤有机质	水体净化率	单位成本(元/m²)
客土喷播	75%	1.8%	65%	120
植生袋护坡	82%	2.3%	72%	150
微生物修复	68%	1.5%	58%	90

数据来源：青海木里矿区生态修复项目验收报告

4 水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用优势

4.1 综合性优势

水工环地质技术涵盖了水文地质、工程地质和环境地质等多个领域，能够从多个角度对矿山地质灾害进行全面、系统的分析和研究^[3]。通过综合运用各种地质调查、监测和分析方法，可以准确识别矿山地质灾害的成因、类型和分布规律，为制定科学合理的治理方案提供全面、准确的信息支持。

4.2 预防性优势

水工环地质技术可以通过对矿山地质环境的实时监测和数据分析，及时发现地质灾害的前兆信息，提前采

取防范措施,实现地质灾害的预防和预警。与传统的灾后治理相比,预防性治理可以大大减少地质灾害造成的损失,提高矿山安全生产水平。

4.3 可持续性优势

在矿山地质灾害治理中,水工环地质技术注重生态环境保护 and 资源可持续利用。通过采用生态修复技术、地下水控制技术等,可以在治理地质灾害的同时,改善矿山生态环境,恢复土地资源和水资源,实现矿山开发与环境保护的协调发展。

5 水工环地质技术在矿山地质灾害治理中面临的挑战

5.1 技术难度大

矿山地质灾害具有复杂性、多样性和不确定性等特点,水工环地质技术 in 应用过程中面临着诸多技术难题。例如,在复杂地质条件下的地下水动态监测和岩土体稳定性评价方面,还需要进一步提高监测精度和评价方法的准确性;在大型采空区治理和矿山生态修复方面,还需要研发更加高效、环保的治理技术和材料。

5.2 资金投入不足

矿山地质灾害治理需要大量的资金投入,包括地质勘察、监测设备购置、治理工程施工等方面的费用。然而,目前一些矿山企业由于经济效益不佳或对地质灾害治理重视不够,导致资金投入不足,影响了水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用效果。

5.3 专业人才短缺

水工环地质技术是一门综合性较强的学科,需要具备地质、水文、工程、环境等多方面知识的专业人才。然而,目前国内相关专业人才短缺,尤其是既懂理论又具有实践经验的高素质人才更是匮乏,这在一定程度上制约了水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的推广和应用。

6 优化水工环地质技术在矿山地质灾害治理中应用的策略

6.1 加强技术研发与创新

加大对水工环地质技术研发的投入,鼓励科研机构和企业开展产学研合作,共同攻克技术难题^[4]。例如,研发更加先进的地下水监测设备和技术,提高地下水动态监测的精度和实时性;开发新型的岩土体加固材料和施

工工艺,提高边坡加固和采空区治理的效果;探索更加有效的矿山生态修复技术和模式,促进矿山生态环境的快速恢复。

6.2 拓宽资金筹集渠道

政府应加大对矿山地质灾害治理的资金支持力度,设立专项治理资金,对重点矿山地质灾害治理项目给予财政补贴。同时,鼓励矿山企业加大自身投入,将地质灾害治理费用纳入企业生产成本。此外,还可以通过引入社会资本,采用PPP等模式,拓宽资金筹集渠道,为水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用提供资金保障。

6.3 加强专业人才培养

高校和职业院校应加强水工环地质相关专业的建设,优化课程设置,加强实践教学环节,培养具有创新精神和实践能力的高素质专业人才。同时,矿山企业和相关单位应加强对在职人员的培训和继续教育,定期组织技术交流和学术研讨活动,提高从业人员的业务水平和综合素质。

结语

水工环地质技术对矿山地质灾害治理至关重要。借助水文、工程及环境地质等综合技术,能精准识别灾害成因与类型,制定科学治理方案,实现预防、预警与有效治理。但应用中面临技术难度高、资金短缺、人才匮乏等挑战。为提升应用水平,需强化技术研发创新,拓宽资金来源,加大人才培养力度。如此,方可保障矿山安全生产,守护生态环境,推动矿山资源可持续利用。未来应持续探索创新技术应用模式,为矿山行业健康发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 邹思鑫.水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用探究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(04):172-174.
- [2] 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.
- [3] 吕媛.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,2024,(12):222-224.
- [4] 邢春艳.水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用研究[J].科技视界,2024,14(34):108-111.