

水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用

袁红昌

江苏省生态地质调查大队

DOI:10.12238/jpm.v6i10.8447

[摘要] 在矿山开发进程中，地质灾害的频发不仅威胁人员生命安全，还会破坏生态环境与矿山生产秩序，而水工环地质技术作为矿山地质灾害治理的核心支撑手段，其应用价值与实践策略备受关注。本文主要就水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用进行分析，希望能够为矿山安全开发与生态保护提供理论参考。

[关键词] 水工环地质；矿山地质；灾害治理

Application of Hydraulic and Environmental Geology Technology in Mine Geological Disaster Management

Yuan Hongchang

Jiangsu Provincial Ecological Geological Survey Brigade

[Abstract] In the process of mining development, the frequent occurrence of geological disasters not only threatens the safety of personnel's lives, but also damages the ecological environment and mining production order. As the core supporting means of mining geological disaster management, the application value and practical strategies of hydraulic engineering and environmental geological technology are highly concerned. This article mainly analyzes the application of hydraulic and environmental geological technology in the management of geological disasters in mines, hoping to provide theoretical reference for the safe development and ecological protection of mines.

[Key words] hydraulic engineering; environmental geology; Mining geology; disaster governance

引言

矿山是重要的资源开发场所，能够为社会经济发展提供能源与原材料支撑，受长期开采活动、地质构造变化等因素的影响，各类地质灾害频发，这些灾害不仅会造成矿山生产中断、设备损毁，还会对周边居民的生命财产安全构成严重威胁，进而引发土壤污染、植被破坏等生态问题，对矿山的可持续发展产生一定的限制。水工环地质技术通过进行系统的勘查、分析与评价，揭示矿山区域内地下水运动规律、岩土体工程特性及地质环境演变趋势，进而为地质灾害的预警、评估与治理提供全面且精准的技术支持。

1 水工环地质在矿山地质灾害治理中的价值

1.1 为矿山地质灾害治理奠定坚实基础

水工环地质通过全面的勘查工作，系统梳理矿山区域的地质构造、水文条件、岩土体性质等基础信息，构建完整的地质环境数据库，能够探明矿山内部及周边的断层、褶皱等地质构

造特征，分析这些构造的稳定性，识别因构造活动可能引发的灾害隐患。通过监测与分析地下水水位、水质、流向、补给与排泄关系，掌握地下水对岩土体稳定性的影响。比如说对于地下水的渗透作用能够导致岩土体强度降低，增加滑坡、崩塌等灾害的发生概率，从源头明确治理方向与重点，为后续治理方案的制定与实施奠定坚实基础。

1.2 为推进矿山地质灾害治理提供重要依据

在矿山地质灾害治理过程中，监测灾害风险评估、治理方案设计、治理效果，以水工环地质技术提供的信息作为科学依据。在灾害风险评估阶段，水工环地质技术动态监测与分析对矿山地质环境，结合开采工艺与规模，评估不同区域、不同开采阶段可能面临的灾害类型、发生概率及危害程度，为矿山制定差异化的风险防控措施提供依据。针对不同类型的地质灾害，治理方案的设计要和具体的地质与水文条件紧密结合，获取岩土体强度参数、地下水压力分布、地质构造稳定性等相关

数据。此外,在治理效果监测阶段,水工环地质技术可持续监测地下水动态、岩土体变形情况,判断治理措施是否达到预期效果。

2 水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用策略

2.1 应用于矿山地震灾害治理

矿山地震灾害多与开采活动引发的地壳应力变化、岩层破裂等因素息息相关。水工环地质技术可通过布设地震监测台网与地质环境监测点,实时监测矿山区域的微震活动、地壳形变及地下水动态变化。微震监测可以捕捉到矿山开采过程中岩层破裂产生的微小震动信号,分析与解读信号信息,判断岩层内部应力的集中区域与变化趋势;地壳形变监测可通过高精度测量技术,掌握地表及地下岩层的变形情况,如果发现某区域形变速率异常,及时预警地震发生的可能性。同时,当地壳应力发生变化时,会导致地下水水位、水质及流动状态出现异常波动,这些变化可作为地震灾害发生的间接预警指标,通过地下水动态监测,对这些指标的实时跟踪,辅助提升地震预警的准确性。

水工环地质技术通过综合研究矿山地质构造、岩层性质及开采活动,分析地震灾害的诱发因素。基于成因分析结果,制定优化开采方案,合理控制开采强度与开采顺序,避免地应力过度集中。对采空区进行及时填充处理,确定地震灾害影响范围内的危险区域,降低灾害发生时的损失。

2.2 应用于矿山崩塌、滑坡、泥石流灾害治理

矿山崩塌、滑坡、泥石流灾害的发生与岩土体稳定性、水文条件及地形地貌密切相关。在灾害勘查阶段,水工环地质技术通过地质测绘、钻探、物探等手段,查明崩塌体、滑坡体、泥石流沟谷的范围、规模、物质组成及边界条件。地质测绘可直观呈现灾害体的地形地貌特征、岩土体分布及结构面发育情况,判断灾害体的潜在滑动面或崩塌起始点。钻探工作能够获取地下岩土体的岩芯样本,通过室内试验测定黏聚力、内摩擦角等岩土体的物理力学参数,为分析灾害体稳定性提供基础数据。物探技术可探测灾害体内部的空洞、软弱夹层等隐蔽性地质构造,通过水文地质勘查,掌握灾害区域内地下水的分布、补给与渗流路径,分析地下水对岩土体稳定性的影响。

对于崩塌灾害,如果勘查发现崩塌体主要由松散岩土组成且受风化作用影响较大,可采用喷锚支护、主动防护网等措施,增强岩土体稳定性。针对滑坡灾害,若勘查表明滑坡与地下水作用密切相关,设计布设截水沟、盲沟等排水系统,疏排滑坡体内的地下水,降低孔隙水压力;同时,结合滑坡体的规模与岩土性质,选用抗滑桩、锚索等支挡结构,阻止滑坡体滑动。对于泥石流灾害,根据勘查得出的泥石流沟谷地形、物质补给量及水流特征,可在沟谷上游修建拦挡坝,拦截松散固体物质;

在中游设置排导槽,引导泥石流有序排泄;在下游地区采取护坡、固岸等措施,减少泥石流对周边区域的冲击。

在治理实施过程中,水工环地质技术可实时监测治理效果,通过对岩土体变形、地下水动态等指标的跟踪,判断治理措施是否有效,如果发现有异常情况,要及时调整治理方案,确保治理工作达到预期目标。

2.3 应用于矿山地面塌陷治理

矿山地面塌陷多因地下采空区顶板岩层失稳、地下水过量开采导致岩土体压缩变形等因素引发,水工环地质技术在其治理中的核心作用是查明塌陷成因与范围,为制定科学的治理方案提供依据,并监测治理过程中的地质环境变化。

塌陷成因与范围勘查中,水工环地质技术综合运用钻探、物探、水文地质试验等方法。通过钻探工作,确定采空区的位置、埋深、规模及顶板岩层的厚度与岩性,判断顶板岩层是否存在断裂、破碎等情况。地震勘探、电法勘探等物探技术,能够快速探测采空区的分布范围,识别未被发现的隐蔽采空区,避免因采空区遗漏导致治理不彻底。水文地质勘查则重点分析地下水开采对地面塌陷的影响,通过监测地下水水位变化与地面沉降的关系,判断是否因地下水过量开采导致岩土体有效应力增加。同时,通过对塌陷区域及周边地层岩性的研究,掌握岩土体的压缩性、孔隙率等参数,分析岩土体在荷载与地下水作用下的变形特征,为塌陷成因判断提供补充依据。

根据水工环地质勘查明确的塌陷成因,采取针对性措施。若塌陷主要由采空区顶板失稳引起,可采用充填法对采空区进行处理,选用碎石、粉煤灰等合适的充填材料,通过钻孔将材料注入采空区,支撑顶板岩层,以免塌陷情况进一步发展;若采空区埋深较大、范围较广,可采用注浆加固法,通过向采空区及周边岩层注入水泥浆等浆液,胶结松散岩土体,增强岩层稳定性。此外,基于水工环地质勘查得出的塌陷区域地质条件,可对塌陷区进行场地平整与地基处理,改善地基承载力,为后续土地复垦或工程建设创造条件。在治理过程中,布设沉降监测点、地下水监测井,实时跟踪地面沉降速率、地下水水位变化情况,如果监测发现地面仍存在持续沉降或地下水水位恢复缓慢,需结合勘查数据重新分析原因,对治理方案进行调整,确保有效控制地面塌陷。

2.4 应用于矿山地裂缝治理

通过详细勘查地裂缝的特征与成因,使水工环地质工作更有保障。在勘查阶段,野外调查、钻探、物探是全面掌握地裂缝的空间分布、延伸方向、延伸长度、裂缝宽度、深度、延伸趋势的重要手段,野外调查可以直接看到地裂缝表面形态,记录地裂缝展布规律,辨别地裂缝是否与采空区或者断层等有关。地质雷达、电法勘探等物探可以查明地裂缝周边是否有隐

伏裂隙网或空洞发育，这些结构可能导致地裂缝扩大发展。同时，水文地质勘查要关注地下水与地裂缝之间的关系，观测地下水位以及地裂缝区地下水变化情况，判断地下水是否通过地裂缝渗入地下深处或采空区，导致岩土体失稳，进而促进地裂缝扩展。

按照地裂缝成因和特点拟定治理方案。当地裂缝是由采空区岩层移动引起的，且裂缝规模较小，稳定性较好时，选用充填法进行治理，选择水泥砂浆、沥青等材料将裂缝填充严实，以防雨水、地下水流入裂缝内部，破坏岩土体。当地裂缝规模较大，延伸较深，且周围岩土体稳定性较差时，采用注浆加固法进行治理，将浆液灌入裂缝及周边岩层中，凝固固化后的浆液可以胶结松散岩土体，封堵裂隙通道。当地裂缝是由地质构造活动引起，要依据水工环地质勘查得出的地质构造特性，在裂缝周边布置监测点，时刻关注裂缝变化情况，同时采取避让措施，避免在裂缝影响范围内开展重要工程建设。

3 水工环地质技术应用于矿山地质灾害的注意事项

3.1 保证工程环境勘查质量

工程环境勘查质量的好坏直接影响后续治理方案的设计。因此，必须保障工程环境勘查的质量。在开展工程环境勘查前要做出详细周密的勘查方案，并根据矿山实际情况选择适合该矿山的勘查方式，保证工程环境勘查的全面性。

勘查的实施过程中，需要严格按照技术规程和操作规程，严格把控勘查过程的质量。钻探应保证其钻孔布置合理、岩芯取样率达到要求，防止钻孔偏差过大或岩芯获取不完全造成地质信息错误的判定；岩土体试验时要按照试验规定操作，防止试验误差影响后期稳定性的分析。做好现场勘查数据的实时记录及整理，并将现场出现突发地下水涌水、岩层破碎带等情况详细记录下来并进行分析；勘查结束后要认真核验审查工作完成的勘察资料，组织专业人员审查图纸资料、成果试验等数据是否满足治理要求。如审查出勘察成果不符合要求或者勘察数据不按时应该补勘。

3.2 做好地质环境勘查工作

做好地质环境勘查工作，准确把握矿山区域地质环境特点和灾害隐患，能真正为地质灾害防治提供准确的地质资料。在地质环境勘查过程中，要重视矿山区域的地质构造、地层岩性和水文地质条件、生态环境条件。对矿山地质环境进行详细的地质构造勘查，确定断层、褶皱等分布形态、性质、活动性，并分析其受开采扰动后的稳定性，是否存在引起地质灾害的可能性。针对矿层岩性，查明不同的地层岩性的组、成分以及分布规律，了解松散岩层或者易发生滑动的岩层等地质情况；水文地质条件勘查要进行全面监测，包括地下水质、水量、流向、

补给来源和排泄途径，以及地下水对岩土体稳定性的影响，以及矿产开采活动所导致的地下水环境变化。生态环境状况勘查要关注矿山开采对周边植被、土壤、水体的影响，评估生态破坏与地质灾害的相互作用。重视地质环境的动态性和持续性，在采矿过程中会造成矿山地质环境变化，矿山地质环境随着采矿、时间进展不断发生变化，故而须建立长期的矿山地质环境监测网，定时开展地质环境勘查工作，跟踪其变化趋势，及时发现新的灾害隐患或原有隐患的变化情况，为后期整治方案做优化、调整工作的开展提供信息参考。

3.3 提升水工环地质勘查队伍综合素质

水工环地质勘查队伍素质决定矿山地质灾害治理效果的成效。这就要求我们抓好水工环地质勘查队伍的专业能力建设，强化勘查人员技术业务培训和技术理论知识更新。随着水工环地质技术的不断发展进步，出现很多新型勘查设备和勘查新技术、新方法以及新的理论研究成果，对勘查人员进行定期组织专业培训，并开展技术操作实训，让勘查人员多接触新设备和了解新方法。勘查工作本身具有直接性，勘查工作中出现的数据误差和信息遗漏会导致后期治理方案的错误。另外，矿山勘查现场存在高边坡、地下采空区和地下水涌水等安全隐患，在勘查人员现场安全知识和事故应急处置知识培训过程中，提高勘查人员安全保护知识以及紧急事故时如何正确使用安全保护用品和如何有效逃离险情的知识，确保勘查工作安全有序进行。

结论

矿山地质灾害治理能够保障矿山安全开发、维护生态环境稳定，水工环地质技术的应用价值与实践策略具有重要的研究意义。同时，在水工环地质技术应用中，要确保工程环境勘查质量是基础，只有通过科学的勘查方案制定、严格的过程管控与成果审核，才能为治理提供可靠数据，保障矿山安全、维护生态平衡。

[参考文献]

- [1]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.
- [2]姬志帅.水工环地质技术在金属矿山地质灾害防治中的应用[J].中国金属通报,2024,(12):176-178.
- [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.
- [5]梁文继,王鹏程,公智勇.水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用研究[J].科技与创新,2024,(22):169-171.