

水工环技术在矿山地质灾害监测中的应用探讨

赵 祯

甘肃煤田地质局一三三队，甘肃省白银市，730900；

摘要：矿山地质灾害是影响矿山安全生产和生态环境的重大问题。水工环技术作为一种有效的灾害监测手段，在矿山地质灾害的预警和防治中具有重要作用。本研究通过分析水工环技术的基本原理与应用现状，探讨了其在矿山地质灾害监测中的实际应用。研究表明，水工环技术能够精准监测地下水位、渗流压力及地质变形等关键参数，为矿山灾害的实时监测与评估提供可靠数据支持。通过案例分析，水工环技术在滑坡、沉降和突水等灾害监测中取得了良好的效果。研究指出，随着技术的不断进步，水工环技术在矿山灾害防治中的应用前景广阔，可为矿山安全管理提供重要决策依据，并推动矿山环境保护与可持续发展。

关键词：水工环技术；矿山地质灾害监测；灾害防治

DOI: 10.69979/3060-8767.25.01.017

引言

矿山地质灾害频发，严重影响矿山安全和生态环境，造成经济损失和社会问题。为了有效预警、监测和防治这些灾害，水工环技术作为一种新兴的综合性监测手段，近年来得到了广泛应用。该技术通过实时监测地下水位、渗流压力和地质变形等关键参数，为灾害预警提供数据支持，能有效提升监测精度，减少灾害发生频率及损失。尽管如此，水工环技术在应用过程中仍面临诸多挑战，如数据集成性、监测精度和技术适应性等问题。目前研究主要集中于基础理论和单一应用场景，缺乏在不同类型矿山灾害中的综合性探讨。本文通过分析水工环技术的基本原理、应用现状及实际案例，评估其在滑坡、沉降、突水等灾害中的监测成效，旨在为矿山地质灾害的防治提供新思路与技术支持。

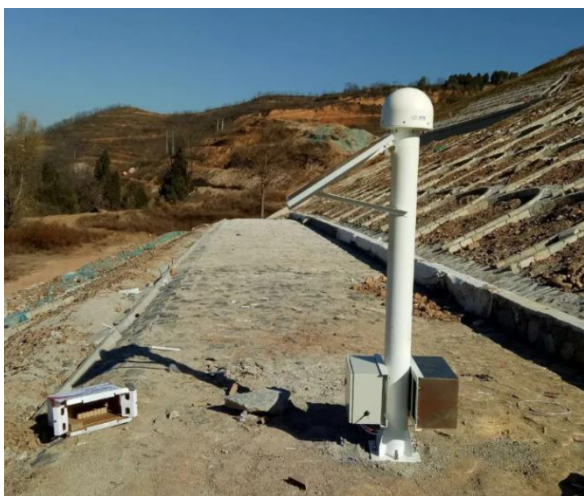


图 1 地质灾害监测

1 水工环技术概述

1.1 水工环技术的定义与发展历程

水工环技术是融合水文地质学、工程地质学与环境地质学的一种综合性技术手段，主要用于研究地下水动态、地质结构稳定性及其与环境相互作用的过程^[1]。其核心涵盖对水文循环、岩土力学特性及环境演化的系统性监测和分析，以揭示各种地质过程中的关键动态参数。该技术在灾害监测和预警中的应用，强调利用先进传感器、数据采集与分析技术，实现对水、土、环境三者关系的精准衡量。

水工环技术的发展经历了多个阶段，从早期基于传统地质勘探和手工数据分析的经验模式，逐步过渡到采用自动化监测仪器的定量研究，最终迈向智能化监测和多学科融合的阶段。随着传感技术、人工智能和大数据分析的发展，水工环技术的实时性、精确性大幅提升，为应对复杂地质灾害提供了更加科学的工具^[2]。

1.2 水工环技术的基本原理

水工环技术的基本原理是通过综合运用水文地质学、工程地质学和环境地质学等学科的理论与方法，对地下水流动、地质体变形及环境变化进行监测与分析。其核心在于利用传感器、监测仪器以及数据采集系统实时获取地下水位、渗流压力、地应力和地质体位移等物理量数据，并结合数学建模与计算机仿真技术对监测数据进行处理分析，以揭示地质灾害的机理和演变过程。

1.3 水工环技术在地质灾害监测中的重要性

水工环技术在地质灾害监测中具有重要意义，可通过精准测量地下水位、渗流压力和地质体变形等关键参数，为地质灾害的发生过程与演变规律提供科学依据。该技术能够实现灾害信息的实时获取与动态分析，提高预警的时效性与准确性^[3]。在矿山开采引发的滑坡、沉

降及突水等灾害中，水工环技术展现出卓越的适用性和可靠性，为灾害预防与应急决策提供了强有力的数据支撑，有效保障了矿山生产的安全性及环境的稳定性。

2 矿山地质灾害的类型与成因

2.1 矿山地质灾害的分类

矿山地质灾害是矿山生产和生态环境中常见的安全隐患，其类型多样，主要包括滑坡、崩塌、地面沉降、地裂缝和突水等。滑坡和崩塌常发生于矿山边坡或采场区域，由岩体结构失稳或外力作用引起，对矿区设施和人员安全构成严重威胁。地面沉降通常产生于地下采空区的塌陷，主要由矿产资源的不均衡开采和地下岩层破坏导致，造成土地资源损失和地表设施损毁。地裂缝则多分布于沉陷区和断层带，由地应力变化或地层活动触发，容易加剧次生地质灾害。突水属于矿山的水文地质灾害类型，往往由地下水系统改变或岩层导水性增强引发，可能导致井下作业环境恶化。

表 1 矿山地质灾害的分类

分类依据	灾害类型
发生位置	地面（塌陷、沉降等）、井下（冒顶、突水等）
发生速率	突变型（矿坑突水等）、缓发型（地面沉降等）
成因	岩土圈层形变、地下水位异变、矿体内因引起等

2.2 矿山地质灾害的形成机制

矿山地质灾害的形成机制主要受内外力作用、地质条件和人为活动等多种因素的共同影响。内力作用如地壳运动引发的构造活动，会导致矿区形成断裂、褶皱和破碎带，为地质灾害的发生提供了地质背景。裂隙水压力的增大和地下水位的剧烈波动，则可能成为滑坡及突水的重要诱发因素。外力作用包括降雨渗透、气温变化和风化作用，能够改变岩体稳定性，从而引发崩塌和沉降等灾害。矿山采掘活动改变了原有地质应力和平衡状态，造成岩层松动及地下结构的破坏，加速了灾害的发生。地质条件的复杂性，如岩石性质、地层结构和矿体赋存条件等，也直接影响灾害产生的可能性及规模。

2.3 矿山地质灾害的监测需求与挑战

矿山地质灾害的监测需求主要体现在对地质构造变化、地下水动态及地表沉降等关键参数的精准感知上。监测的挑战包括复杂地质条件下数据获取的困难、实时性与准确性不足以及长时间监测过程中设备稳定性和数据处理能力的限制。这些问题对监测技术提出了更高要求，需通过技术优化与多学科融合加以应对，以提高灾害预测的可靠性和实效性。

3 水工环技术在矿山地质灾害监测中的应用

3.1 水工环技术在地下水位监测中的应用

水工环技术在地下水位监测中的应用具有重要意义。地下水位的变化直接影响矿山地质灾害的发生与发展，是矿山灾害监测的关键环节。通过采用先进的水工环技术，可实现地下水位的实时监测和动态分析，为精准判断矿山地质灾害风险提供科学依据。基于压力传感器、自动数据采集系统和远程传输装置的综合应用，水工环技术能够监测地下水的水位波动、渗流路径及流速变化。传感器布设于矿区井筒、坑道及地表特定位置，以捕获地下水体的时空动态信息。相关监测数据经系统处理后，可生成动态图表，用于评估矿山区域内部地质体的水力变化趋势。

3.2 水工环技术在地质变形监测中的应用

水工环技术在地质变形监测中具有显著优势，能够通过高灵敏度设备捕捉地质体的微小变化，为矿山地质灾害的预警提供科学依据。利用地下水动态监测系统、应变计、倾斜仪等手段，可实时获取矿山地质体内的应力分布、变形趋势及裂隙发育情况。在监测过程中，水工环技术通过对渗流压力变化与岩体变形之间的耦合分析，揭示地质结构的稳定性特征，有效识别潜在灾害隐患信息^[4]。该技术结合地质雷达、水平位移监测和三维数值建模等方法，能够高效提升综合监测的精度与时效性，为地质变形的分级预警提供数据支撑，为矿山运行中的安全保障发挥关键作用。

3.3 水工环技术在滑坡沉降等灾害中的实际应用

水工环技术在滑坡、沉降等矿山地质灾害的监测中具有重要作用。通过对滑坡体的位移、地表变形、地下水动态等关键参数的监测，该技术能够实时获取滑坡过程中的物理变化数据，为灾害演化规律的分析提供科学依据。在沉降监测中，水工环技术通过高精度的传感设备测量地表沉降速率及范围，准确评估矿山开采对地质结构稳定性的影响^[5]。实践证明，水工环技术在复杂地质环境中的适用性和稳定性，为矿山的安全预警和防灾减灾提供了有力技术支撑。

4 水工环技术在灾害防治中的作用与前景

4.1 水工环技术在灾害预警中的作用

水工环技术在灾害预警中的作用主要体现在精准监测和信息分析方面。通过实时监测地下水位变化、渗流压力和地质变形等关键参数，该技术能够快速捕捉矿山地质灾害的早期信号。在滑坡、地面沉降及突水等灾害的发生前，相关参数往往会出现异常波动，水工环技术可以通过高精度传感器和先进数据处理算法，将监测数据转化为预警信息，为矿山灾害的早期识别提供技术

支撑。该技术的智能化监测系统结合大数据分析和地质模型,可对灾害风险进行定量评估和概率预测,提高预警的准确性和时效性。

4.2 水工环技术在矿山安全管理中的应用

水工环技术在矿山安全管理中具有重要应用价值。其精准监测能力为矿山地质灾害的预防与控制提供了科学依据。通过对地下水水位、渗流压力以及地质构造变形的实时数据采集与分析,水工环技术能够及早识别矿山地质环境中的潜在风险,为决策部门提供可靠的预警信息。在矿山作业过程中,该技术可以动态评估开采活动对地表稳定性及周边生态系统的影响,从而优化矿山开采方案,降低灾害发生概率。借助水工环监测技术,可以高效管理矿井突水、滑坡和地面沉降等复杂问题,为人员和设备安全提供保障。

4.3 水工环技术在矿山生态修复与环境保护中的前景

水工环技术在矿山生态修复与环境保护中具有广阔前景。通过监测地下水动态、渗流特性和地质变化,可有效评估矿山开采对生态系统的影响,为科学修复提供关键数据支撑。在降低矿山开采对水资源和土壤环境破坏的该技术还可服务于生态敏感区域的环境保护工作。随着技术的不断升级,其在生态恢复过程中将发挥更为精准、智能的作用,为构建绿色矿山与可持续发展体系提供重要技术保障。

5 结论与展望

5.1 主要结论

水工环技术在矿山地质灾害监测中的应用研究,依据分析与实践,得出以下主要结论:通过综合运用水工环技术,可对矿山地质灾害的关键参数实现高效、精准的监测。这些参数包括但不限于地下水位、渗流压力及地质体的变形特征,能够为实时监测和灾害评估提供全面而可靠的数据支持。

研究表明,在滑坡、沉降及突水等典型矿山地质灾害的监测与预警中,水工环技术展现了显著优势。它能够获取灾害发生过程中的动态信息,并将该信息应用到风险识别与评估技术之中,显著提高了灾害预测的准确度。案例分析显示,水工环技术有助于提升矿山灾害防控的科学性,可有效减少灾害发生的可能性和降低事故后果的严重程度。

随着相关技术的不断创新与集成,水工环技术的监测设备与系统在自动化、智能化层面得到了快速发展,为灾害监测效率与数据分析精度的提升奠定了技术基础。

5.2 对未来矿山地质灾害防治的建议

未来矿山地质灾害防治应注重提升技术应用水平和管理能力,整合多学科技术手段,构建更加高效的灾害监测与防治体系。水工环技术的进一步发展需要从以下几个方面着手。

加强监测技术的精准性与智能化。通过引入物联网、大数据、人工智能等前沿技术,将水工环监测设备与信息化平台深度融合,实现对地下水位、地质变形等关键参数的自动化、多维度监测和分析,缩短预警响应时间。

推动技术标准化与规范化建设。在矿山地质灾害防治领域制定统一的技术标准和操作规程,明确不同灾害类型的监测指标与评估方法,提升技术的使用效率与可靠性,确保监测成果的科学性和一致性。

加大综合防治研究力度。结合区域地质条件和灾害特点,开展针对性强的多领域协同研究,将水工环技术与其他灾害防治技术联动使用,优化防治措施,提升整体防治效果。

强化矿山管理与技术培训。加强矿山管理人员和技术人员的专业培训,使其能够熟练掌握水工环技术,提高从业人员在灾害防治中的技术能力,推动绿色矿山建设和生态可持续发展。

6 结束语

水力环技术在矿山地质灾害监测中展现出了显著的优势,为灾害预警和防治提供了有力的技术支撑。尽管面临技术和设备上的挑战,但其在获取关键监测数据方面的重要作用不容忽视。未来,我们需深化对该技术的研究,克服应用难题,并注重与其他防灾技术的整合,以提升矿山灾害防控的效率和准确性。同时,应不断推进技术创新,提高水力环技术的实用性和适用性,为矿山安全生产和环境保护贡献更多力量,实现经济效益与社会效益的双赢。

参考文献

- [1]王凯张立. 矿山地质灾害防治中水工环地质技术的应用[J]. 世界有色金属, 2021, (20): 233-234.
- [2]赵龙刚. 基于水工环地质技术的矿山地质灾害防治[J]. 世界有色金属, 2023, (05): 166-168.
- [3]张之瀚. 水工环地质技术在矿山地质灾害防治中的应用[J]. 世界有色金属, 2022, (11): 202-204.
- [4]徐思思. 水工环地质技术的矿山地质灾害防治研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2023, (10): 0029-0032.
- [5]张海生. 水工环技术在矿山地质灾害防治中的应用[J]. 中国金属通报, 2023, (06): 105-107.