

煤矿地质钻探在灾害预防中的关键角色探讨

马 腾

中煤科工西安研究院(集团)有限公司 陕西 西安 710076

摘要: 煤矿地质钻探作为地质灾害预防的重要手段,在煤矿开采过程中发挥着至关重要的作用。本文旨在深度分析煤矿地质钻探技术的原理、应用及其在灾害预防中的关键角色。通过探讨地质钻探在识别潜在地质灾害隐患、评估地质稳定性、指导工程设计与施工等方面的作用,结合具体案例和技术细节,本文旨在为煤矿地质灾害预防提供科学依据和技术支持。

关键词: 煤矿;地质钻探;灾害预防

1 引言

随着全球能源需求的不断增长,煤矿开采活动日益频繁,但伴随而来的是地质灾害的频发。山体崩塌、地面塌陷、泥石流等地质灾害不仅严重威胁矿工的生命安全,还造成巨大的经济损失。因此,如何有效预防煤矿地质灾害成为亟待解决的问题。地质钻探技术作为地质灾害预防的基石,通过深入地层进行实地观测,能够准确评估地质环境,预测潜在灾害,为防灾减灾提供有力支持。

2 地质钻探技术概述

2.1 地质钻探原理

地质钻探,作为地质勘探与工程勘察领域的核心技术之一,其基本原理在于通过物理手段穿透地表,深入地下岩层,以直接获取地下岩石的物理性质、化学成分、力学特性及结构特征等关键信息。这一过程不仅揭示了地球内部的奥秘,更为工程建设、资源开采及地质灾害预防提供了不可或缺的数据支持。在钻探作业中,钻头作为直接作用于岩石的工具,在强大动力的驱动下高速旋转,通过其锋利的刃部或磨削作用破碎岩石。与此同时,为了保持钻孔的畅通并有效携带出破碎的岩屑,冲洗液(如水、泥浆或特殊配制的钻探液)被泵入钻孔中,形成循环。冲洗液不仅起到冷却钻头、润滑钻具的作用,还通过其携带能力将岩屑从孔底带至地表,供地质工程师进行后续的岩石编录、取样分析等工作。这一过程不仅要求钻探设备的高效稳定运行,还需对冲洗液的配比、循环速度等参数进行精细调控,以确保钻探作业的顺利进行和数据的准确性。

2.2 钻探方法与技术

地质钻探方法的选择与应用,是确保钻探效率和数据质量的关键。随着科技的进步和工程需求的多样化,地质钻探技术也在不断创新与发展。目前,常见的钻探

方法主要包括以下几种:

金刚石钻进: 该技术以其高效、耐磨、取芯率高等显著优势,在深部找矿、地质勘探及硬岩钻进等领域得到广泛应用。金刚石钻头凭借其高硬度和优异的切削性能,能够轻松应对各种复杂地层,是深部资源勘探的首选工具。

绳索取芯钻进: 此技术通过特制的绳索系统,在无需提升整个钻杆柱的情况下,即可将岩芯从孔底取出。这一创新设计极大地提高了钻探效率,减少了升降钻具所需的时间和能耗,同时降低了因频繁提钻而造成的孔壁坍塌风险。

空气泡沫钻进: 在干旱、缺水或敏感地层区域,空气泡沫钻进技术凭借其环保、高效的特点逐渐受到重视。该技术利用压缩空气和泡沫剂混合形成的泡沫作为冲洗介质,有效降低了对地下水资源的依赖,并减少了对地层的污染和破坏。

液动冲击回转钻进: 该技术结合了回转钻进和冲击钻进的优点,通过液动冲击器产生的周期性冲击力,增强了对岩石的破碎效果。特别适用于硬岩、破碎带及复杂地层的钻进作业,提高了钻探效率和钻孔质量。

2.3 钻探设备与工具

地质钻探设备的完善与先进程度,直接关系到钻探作业的效率、安全性和数据质量。一套完整的钻探设备通常包括钻机、钻塔、泥浆泵、钻具等核心部件,以及配套的供电、供水、供气等辅助系统。

钻机: 作为钻探作业的心脏,钻机不仅需具备强大的动力输出和稳定的运行状态,还需具备良好的操控性和适应性,以满足不同地质条件和钻探需求。现代钻机普遍采用液压或电动驱动方式,具备自动化控制和远程监控功能,提高了作业效率和安全性。

钻塔: 钻塔是支撑钻机、钻具及保护作业人员的关

键设施。其设计需考虑稳定性、安全性和便捷性等因素，确保在复杂地质条件下仍能稳定工作。同时，钻塔的高度和升降系统需根据钻孔深度和作业需求进行合理配置。

泥浆泵：泥浆泵负责将冲洗液泵入钻孔中，形成循环并携带出岩屑。其性能直接影响到冲洗效果和钻探效率。现代泥浆泵普遍采用高压、大流量设计，并配备有智能控制系统，可根据钻探过程中的实际情况自动调节泵送压力和流量。

钻具：钻具是直接与岩石接触的部件，其性能和质量直接关系到钻孔质量和钻探效率。钻具包括钻头、钻杆、扶正器等部件，其选择与使用需根据岩石性质、钻孔深度、钻进工艺等因素综合考虑。例如，金刚石钻头适用于硬岩钻进；绳索取芯钻具则适用于高效取芯作业等。

3 煤矿地质钻探在灾害预防中的应用

在煤矿开采的复杂地质环境中，地质钻探技术不仅是资源勘探的重要手段，更是灾害预防与治理的关键工具。通过深入地层获取详尽的地质信息，地质钻探为煤矿企业提供了科学决策的依据，有效降低了地质灾害的风险。以下将详细探讨地质钻探在识别潜在地质灾害隐患、评估地质稳定性以及指导工程设计与施工等方面的应用，并结合具体案例进行深入分析。

3.1 识别潜在地质灾害隐患

在煤矿开采的广阔领域中，地质条件的复杂多变如同迷宫一般，隐藏着无数潜在的地质灾害隐患。为了在这迷宫中找到安全的路径，地质钻探技术以其独特的优势，成为了煤矿行业不可或缺的“透视镜”。这项技术不仅能够深入地层，窥探岩石内部的秘密，还能直接获取关于岩石物理、化学及力学性质的详尽信息，为灾害预防提供了坚实的科学依据。

3.1.1 岩石类型与结构的精细解析

地质钻探的首要任务是揭示煤层及其顶底板的岩石类型。这些岩石，如砂岩、泥岩、灰岩等，各自拥有独特的物理性质和结构特征。通过钻探取芯，技术人员可以清晰地观察到岩石的层理、节理、裂隙等微观结构，这些结构特征对于评估地层的稳定性和预测灾害风险至关重要。例如，泥岩因其质地软弱、易碎，若作为顶板岩石，其冒落风险显著增加；而灰岩虽然坚硬，但其隔水性能可能较差，一旦遭遇地下水压力，便有可能引发突水事故。因此，对岩石类型与结构的精细解析，是识别潜在地质灾害隐患的第一步。

3.1.2 岩石强度与稳定性的量化评估

岩石的强度参数，如单轴抗压强度、抗剪强度等，

是量化评估地层稳定性的关键依据。这些参数不仅反映了岩石抵抗外力破坏的能力，还直接关系到地层的承载能力和稳定性。地质钻探通过取样并送至实验室进行力学试验，可以准确测定这些强度参数。基于这些数据，技术人员可以对地层的稳定性进行量化评估，从而确定是否需要采取支护或加固措施以增强地层的稳定性。例如，在强度较低或稳定性较差的地段，可能需要增加支护结构的密度或采用更高强度的支护材料，以确保煤矿开采过程中的安全。

3.1.3 孔隙度与渗透率的综合考量

孔隙度和渗透率作为反映岩石渗透性能的重要参数，在煤矿开采中同样具有重要意义。它们不仅影响着地下水的流动和积聚规律，还直接关系到水害风险的大小。通过地质钻探获取的数据，技术人员可以分析岩石的孔隙结构和渗透性能，进而预测地下水的分布规律和潜在的水害风险。例如，在孔隙度大、渗透率高的地层中，地下水容易积聚并形成高压区，一旦开采活动打破这种平衡，便有可能引发透水事故或突水淹井等严重后果。因此，在煤矿开采前和开采过程中，对孔隙度和渗透率的综合考量是必不可少的。

3.2 评估地质稳定性

地质稳定性评估是煤矿开采前不可或缺的重要环节。它不仅关系到煤矿生产的安全与效率，还直接影响到矿区的生态环境和周边居民的生命财产安全。地质钻探技术作为地质稳定性评估的重要手段之一，通过获取地下岩层的详细数据，为评估工作提供了坚实的基础。

整体稳定性评估：整体稳定性评估主要关注矿区的整体构造格局、岩性组合及空间分布特征。地质钻探通过在不同深度和位置布置钻孔，获取地下岩层的连续剖面数据，揭示了地层的空间分布规律和构造特征。结合区域地质资料和遥感解译成果，可以对矿区的整体稳定性进行综合评价。

局部稳定性评估：局部稳定性评估则更加关注具体开采区域的地质条件变化及其对工程安全的影响。地质钻探通过加密钻孔、取芯化验等手段，获取了更加详细和准确的地质信息。这些信息为分析局部地层的稳定性提供了有力支持。例如，通过钻探揭示的软弱夹层、断层破碎带等地质构造，可以预测开采过程中可能遇到的冒顶、片帮等灾害风险；而地下水的赋存状态和运移规律则直接关系到突水、透水等水害事故的发生概率。

在评估地质稳定性的过程中，地质工程师还需综合运用多种分析方法和技术手段，如数值模拟、物理模型试验等，对地质钻探数据进行深入挖掘和综合分析。通

过定性定量相结合的方法,科学评估地层的稳定性状况,为煤矿开采提供可靠的地质保障。

3.3 指导工程设计与施工

地质钻探技术作为煤矿开采领域中的关键支撑,其成果不仅深刻影响着地质灾害的预防策略,还直接引领了煤矿工程设计与施工的全面优化。钻探数据所揭示的地质条件变化规律和潜在灾害风险点,如同精密的导航图,引领着工程师们制定出更为合理、安全且高效的工程方案,确保了煤矿开采活动的平稳进行。

3.3.1 巷道布局与支护设计的精细化

在煤矿巷道布局方面,地质钻探数据成为了工程师手中的宝贵资源。这些数据不仅详细描绘了岩层的分布、厚度及稳定性,还揭示了地下水的流动路径和赋存状态。基于此,工程师能够精准地确定巷道的走向、坡度以及断面形状,确保巷道在穿越不同岩层时能够保持最佳的稳定性和安全性。同时,在支护设计环节,地质钻探数据同样发挥了关键作用。通过分析岩层的物理力学性质,工程师能够科学选择支护材料和支护方式,实现支护结构的定制化设计。例如,在软弱地层中,采用高强度锚杆、锚索等主动支护措施,能够显著提升巷道的承载能力;而在含水丰富的地层中,则通过增设防水层、优化排水系统等措施,有效预防突水事故的发生。

3.3.2 排水系统设计与实施的精准化

煤矿开采过程中,地下水的有效管理直接关系到生产安全和作业效率。地质钻探技术通过深入地层,精确测量地下水的赋存状态、水位变化及运移规律,为排水系统的设计提供了科学依据。工程师根据钻探数据,能够精准确定排水井的位置、数量、深度及排水能力等关键参数,确保排水系统能够高效、稳定地运行。此外,在施工过程中,地质钻探还承担着实时监测地下水动态变化的重任。一旦发现地下水位异常上升或流动方向改变等情况,工程师可立即启动应急预案,调整排水方案或增加排水设备,以保障生产安全。

3.3.3 实时监测与补充勘探的动态化

煤矿开采是一个复杂多变的动态过程,地质条件往往随着开采活动的深入而发生变化。为了确保工程的安全进行,地质钻探技术必须实现实时监测与补充勘探的有机结合。通过安装地质监测仪器和传感器,工程师能够实时获取地下岩层的应力变化、位移情况及地下水位的动态数据。这些数据为评估工程稳定性和预测潜在灾害风险提供了重要依据。同时,为了弥补钻探数据的局限性和提高地质模型的准确性,工程师还需根据工程进展和地质条件的变化情况,适时开展补充勘探工作。通

过补充钻探,进一步揭示地质条件的细节和变化规律,为工程方案的调整和优化提供有力支持。

案例分析

案例一:某煤矿山体崩塌预防

某煤矿在开采过程中发现矿区周边山体出现裂缝和变形迹象,存在严重的山体崩塌隐患。为了预防灾害的发生,该煤矿采用了地质钻探技术进行详细勘探。通过钻探揭示了山体内部存在多条断层和软弱夹层且岩层破碎严重等不利地质条件。基于钻探结果地质工程师提出了以下防治措施:一是加固山体采用预应力锚索、注浆加固等手段提高山体的整体稳定性;二是设置截水沟防止雨水入渗加剧山体失稳;三是建立山体变形监测系统对山体进行实时监测及时发现并处理异常情况。经过实施这些措施该煤矿成功预防了山体崩塌灾害的发生保障了矿区及周边居民的生命财产安全。

案例二:某煤矿地面塌陷治理

某煤矿在长期开采过程中由于地下采空区的形成导致地面出现塌陷现象严重影响了矿区的生态环境和居民的正常生活。为了治理地面塌陷该煤矿采用了地质钻探技术进行勘探。通过钻探揭示了塌陷区域下方存在空洞和松散岩层等不利地质条件。基于钻探结果地质工程师提出了以下治理方案:一是采用注浆充填技术将空洞和松散岩层进行填充以提高地基的承载能力和稳定性;二是加固地基采用桩基、换填等方法改善地基条件;三是恢复地面植被和生态环境通过种植树木、草皮等方式恢复地面的绿色生态。经过实施这些方案该煤矿成功控制了地面塌陷的进一步发展并恢复了地面的正常使用功能为矿区的可持续发展奠定了坚实基础。

4 结论

煤矿地质钻探在灾害预防中发挥着至关重要的作用。通过深入地层进行实地观测和数据分析,地质钻探能够准确评估地质环境、识别潜在地质灾害隐患、指导工程设计与施工。随着科技的进步和技术的不断创新,地质钻探技术将在煤矿地质灾害预防中发挥更加重要的作用。未来,我们需要继续加强地质钻探技术的研究和应用推广,为煤矿安全生产和可持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1]赵大伟.关于煤矿水害事故及水文地质工作的思考[J].内蒙古煤炭经济,2023(22):172-174.
- [2]李世强,陈军,王磊.大埋深复杂地质条件下灾害风险研究与防治[J].中国煤炭,2022,48(z2):68-75.
- [3]杨帆.煤矿地质地理信息系统设计与实现——以陕西省红石岩煤矿为例[D].陕西:西安科技大学,2013.