

复杂地质矿山建设防治水策略研究

李广伟

河南锦源建设有限公司 河南 新密 452370

摘要: 复杂地质矿山的防治水工作是保障矿山安全生产的关键。在防治水技术体系中,水文地质勘探技术、防水技术、治水技术和监测预警技术是核心组成部分。防治水策略的制定则需要构建地质勘探与风险评估体系,融合多源数据以建立水害预警机制,并对分区分级防治技术措施进行优化。同时,提升应急响应与动态治理能力,以应对突发水害。通过综合运用这些技术和策略,可以有效降低水害风险,确保矿山的可持续发展。

关键词: 复杂地质; 矿山建设; 防治水策略

引言: 复杂地质矿山建设过程中,水害是影响安全生产的重大隐患。复杂的地质条件使得地下水的赋存、运移规律难以把握,突水、透水等事故时有发生,不仅威胁人员生命安全,还会造成巨大的经济损失。因此,开展复杂地质矿山建设防治水策略研究具有重要的现实意义。通过科学有效的防治水策略,可降低水害风险,保障矿山开采工作顺利进行,提高资源开采效率,同时减少对周边环境的影响,推动矿山行业的可持续发展。

1 复杂地质矿山概论

复杂地质矿山是指在地质结构、岩石特性、水文条件等方面具有显著复杂性的矿山。这类矿山的开采面临着诸多挑战,但也蕴含着丰富的矿产资源,对经济发展有着重要意义。从地质结构上看,复杂地质矿山往往存在断层、褶皱、节理等多种地质构造。断层会破坏岩体的完整性,使岩石破碎,增加了巷道支护和开采的难度。褶皱则会改变矿体的形态和产状,导致矿体分布不规则,给资源勘探和开采规划带来困难。节理的存在会影响岩石的稳定性,容易引发冒顶、片帮等事故。岩石特性方面,复杂地质矿山的岩石种类繁多,物理力学性质差异大。有些岩石硬度高、强度大,开采时需要特殊的设备和工艺;而有些岩石则较为软弱,容易风化和破碎,在开采过程中需要采取有效的支护措施,以防止巷道变形和坍塌。水文条件也是复杂地质矿山的一大特点,地下水的存在会增加巷道的涌水量,给排水工作带来压力。同时,地下水还可能对岩石产生软化、溶蚀等作用,降低岩石的强度和稳定性^[1]。在一些岩溶发育地区,还可能存在突水、透水等灾害,严重威胁矿山的安全生产。复杂地质矿山的开采需要综合考虑地质、岩石、水文等多方面因素。在资源勘探阶段,需要采用先进的勘探技术,准确把握矿体的分布和地质构造情况。在开采设计阶段,要根据地质条件制定合理的开采方案,选择合适的开采方法和

支护方式。在开采过程中,要加强对地质条件的监测和分析,及时调整开采策略,确保安全生产。

2 复杂地质矿山防治水技术体系

2.1 水文地质勘探技术

水文地质勘探技术是复杂地质矿山防治水工作的基础,通过精准的勘探能够为后续防治水措施提供科学依据。(1)地球物理勘探技术:利用地球物理场的变化来探测地下地质结构和水文地质条件,如电法勘探、磁法勘探等,能快速获取大范围的地质信息。(2)钻探技术:通过钻孔获取岩芯样本,直接了解地下岩石和含水层的情况,确定含水层的厚度、水位、水质等参数。(3)示踪试验技术:向地下水中投放示踪剂,通过监测示踪剂的运移情况,分析地下水的流动方向、速度和连通性。(4)水文地质测绘技术:对地表和地下的水文地质现象进行调查和测量,绘制水文地质图,为分析区域水文地质条件提供基础资料。(5)长期观测技术:建立地下水动态观测站,对地下水水位、水量、水质等进行长期监测,掌握地下水的变化规律。

2.2 防水技术

防水技术是复杂地质矿山防治水工作的关键环节,有效应用防水技术能够显著降低水害风险,保障矿山安全生产。(1)防水煤岩柱留设技术:依据矿山地质条件和开采规划,合理确定防水煤岩柱的尺寸和位置,阻挡地下水的涌入,保护矿井安全。(2)帷幕注浆技术:通过向地层中注入浆液,在含水层与矿井之间形成隔水帷幕,截断地下水的渗透通道,减少矿井涌水量。(3)防渗墙技术:在矿井周围或含水层与矿井之间建造防渗墙,如混凝土防渗墙、钢板桩防渗墙等,起到阻隔地下水的作用。(4)巷道支护防水技术:采用合理的巷道支护方式,如锚喷支护、砌碇支护等,增强巷道的密封性,防止地下水通过巷道壁渗入矿井。(5)防水闸门与防水墙设置技

术：在矿井的关键部位设置防水闸门和防水墙，在发生水害时能够及时关闭，阻止水的蔓延，保护矿井其他区域的安全。

2.3 治水技术

复杂地质矿山的治水技术作为确保矿山安全生产的关键环节，涉及排水系统设计与优化、疏干降压技术应用、堵水技术选择实施以及水害监测与预警系统建立多方面内容。排水系统设计要综合考量矿山地形、涌水量和开采布局，合理设置排水巷道、水仓和排水设备，这样才能在不同涌水情况下及时排出矿井内的水，降低水害威胁。疏干降压技术通过在含水层施工疏干井或放水钻孔，降低地下水位、减少含水层水压，能有效避免突水事故发生。堵水技术针对断层、裂隙等涌水通道，采用注浆堵水填充空隙形成隔水层阻止地下水涌入，对老空区积水采用充填法封堵防止其危害矿井^[2]。水害监测与预警技术建立完善监测系统，实时监测矿井涌水量、水位、水压等参数变化，一旦发现异常便及时发出预警信号，以便采取措施避免水害事故扩大。治水技术是复杂地质矿山防治水工作重要组成部分，需依据具体地质条件和矿山生产需求，综合运用各种技术手段，才能保障矿山安全生产，减少水害对矿山人员、设备和生产的影响，推动矿山行业稳定、可持续发展。

2.4 监测预警技术

在复杂地质矿山防治水工作中，监测预警技术是保障安全生产的关键防线，能敏锐捕捉水害隐患，为应对争取宝贵时间。在矿井的关键位置，如巷道、采空区周边等，精准安装水位、水压、流量等传感器。这些传感器如同敏锐的“触角”，实时获取水情数据，并通过专业软件进行收集与分析。一旦数据超出正常范围，系统便会自动发出预警，让工作人员第一时间掌握异常情况。在巷道、水仓等重点区域设置高清摄像头，工作人员借助远程监控，能实时查看现场画面。无论是涌水、积水等异常现象，还是设备运行状态，都能一目了然。在紧急情况下，视频监控还能为救援指挥提供现场画面，辅助制定科学合理的救援方案^[3]。借助大数据和机器学习技术，整合历史水情数据、地质资料等信息，构建精准的预测模型。该模型能够模拟不同条件下水害发生的可能性和发展趋势，提前预测潜在的水害风险，为防治水决策提供科学、可靠的依据。通过声光报警装置、短信、APP推送等多种方式，确保预警信息能够迅速传达给相关人员。一旦收到预警，工作人员可迅速启动应急预案，采取有效的防治水措施，将水害造成的损失降到最低，为矿山安全生产保驾护航。

3 复杂地质矿山防治水策略制定

3.1 地质勘探与风险评估体系构建

地质勘探与风险评估体系构建是复杂地质矿山防治水策略制定的重要基础，能为后续防治水工作提供科学依据和指导。(1) 全面地质勘探：综合运用地球物理勘探、钻探等多种手段，详细查明矿山地质构造、含水层分布、地下水水位等情况，为风险评估提供准确数据。(2) 数据整合分析：将勘探获取的数据进行系统整理和分析，建立地质数据库，以便深入研究地质条件与水害的关联。(3) 风险因素识别：识别可能引发水害的各种因素，如断层、岩溶、老空区积水等，确定其对矿山安全的影响程度。(4) 风险等级划分：根据风险因素的危害程度和可能性，对水害风险进行等级划分，为制定针对性的防治措施提供参考。(5) 动态评估机制：建立动态的风险评估机制，随着矿山开采的推进和地质条件的变化，及时更新评估结果，调整防治策略。

3.2 多源数据融合的水害预警机制

在复杂地质矿山防治水工作中，构建多源数据融合的水害预警机制是提升预警准确性和及时性的关键。该机制整合多种数据源，全面捕捉水害相关信息。地质勘探数据是基础，通过地球物理勘探、钻探等手段获取的地质构造、含水层分布等信息，能帮助判断水害可能发生的区域和类型。水文监测数据实时反映地下水水位、流量、水质等变化，是预警的重要依据。气象数据也不可忽视，降水、气温等气象因素会影响地表水和地下水的动态，暴雨等极端天气可能引发水害。将这些多源数据进行融合，需借助先进的信息技术和数据分析方法。利用大数据技术对海量数据进行存储和管理，通过数据挖掘算法挖掘数据间的潜在关联。机器学习算法可对数据进行建模和分析，预测水害发生的可能性和严重程度^[4]。当多源数据融合分析后，一旦发现异常情况，预警系统迅速发出警报。预警信息通过多种渠道及时传达给相关人员，如短信、声光报警等。同时，预警机制还应具备动态调整能力，根据实际情况和新的数据不断优化模型和参数，提高预警的可靠性，为复杂地质矿山防治水工作提供有力保障。

3.3 分区分级防治技术措施优化

分区分级防治技术措施优化是复杂地质矿山防治水策略制定的关键环节，有助于提高防治水工作的针对性和有效性。(1) 区域精准划分：依据矿山地质条件、水文特征和开采布局，将矿区精确划分为不同的防治水区域，如高风险区、中风险区和低风险区。(2) 分级防治策略：针对不同风险等级的区域，制定相应的防治水措

施。高风险区采取严格的防水、治水措施，如加强帷幕注浆、设置防水闸门等；中风险区进行适度防治，如定期监测、局部注浆等；低风险区则进行常规的水情监测。（3）技术动态调整：随着矿山开采进度和地质条件的变化，及时调整各区域的风险等级和防治措施。例如，当开采接近含水层时，提高该区域的风险等级并加强防治措施。（4）措施协同配合：确保不同区域和不同等级的防治措施之间相互协同，形成一个有机的整体。如在高风险区和中风险区交界处，采取联合防治措施，增强防治效果。（5）效果评估改进：定期对分区分级防治措施的实施效果进行评估，总结经验教训，及时改进不足之处，不断提高防治水技术措施的优化水平。

3.4 应急响应与动态治理能力提升

在复杂地质矿山防治水工作中，应急响应与动态治理能力的提升至关重要，它直接关系到矿山在面临水害时的应对成效。应急响应能力的提升需要构建完善的应急预案体系，明确各部门和人员在水害发生时的职责与行动流程，确保在事故发生的第一时间内能迅速响应。通过定期组织应急演练，模拟不同场景下的水害事故，让相关人员熟悉应急流程，提高实战能力。同时，配备先进的应急救援设备和物资，如排水泵、抢险材料等，并确保其处于良好的备用状态，以便在紧急情况下能够立即投入使用。动态治理能力的提升则要建立实时监测系统，对矿山的水文地质情况进行持续监控，及时掌握水情变化。根据监测数据动态调整防治水策略，当水情出现异常时，能迅速分析原因并采取针对性的治理措施。加强与科研机构的合作，引入先进的防治水技术和理念，不断优化治理方案，以应对复杂多变的水害情况。此外，还需建立专家咨询机制，在遇到复杂水害问题时，能及时获得专业的技术支持和决策建议，为矿山的安全生产提供有

力保障^[5]。通过提升应急响应与动态治理能力，可以有效降低复杂地质矿山水害带来的损失，保障矿山的安全生产。这不仅能保护矿山人员的生命安全，还能减少设备和资源的损失，提高矿山的经济效益。同时，科学有效的应急响应与动态治理能力也是矿山企业可持续发展的重要保障。

结语：

未来，科技进步将推动复杂地质矿山防治水技术朝着智能化、精准化方向大步迈进。大数据、人工智能等前沿技术会深度嵌入防治水工作全流程，凭借大数据的海量信息处理与人工智能的智能分析，实现对水害更高效的监测预警和更精准的治理，极大提升防治水工作效率与效果。与此同时，跨领域、跨学科的合作研究将愈发紧密，整合地质学、水利工程学、计算机科学等多学科智慧，为复杂地质矿山防治水提供更全面、更系统的解决方案。我们必须持续探索创新，不断完善防治水策略，积极应对日益复杂的地质条件和水害挑战，进而推动矿山行业实现安全、绿色、高效发展。

参考文献：

- [1]刘芳.矿山水工环地质灾害综合防治策略探讨[J].中国金属通报,2025(17):198-200.
- [2]刘郁平.绿色矿山建设中水文地质的灾害防治策略分析[J].中国金属通报,2024(21):234-236.
- [3]陈小燕.矿山水文地质特征与防治水措施[J].中国金属通报,2025(18):62-64.
- [4]黄莉.矿山地质勘查中水工环危害性评估策略研究[J].中国金属通报,2024(3):144-146.
- [5]余寅.矿山地质灾害防治对策与保障策略研究[J].中国金属通报,2022(10):171-173.