

矿井突水隐患区水文地质特征分析

郭水涛

河南焦煤能源有限公司古汉山矿 河南 焦作 454350

【摘要】：矿井突水是煤矿生产中最严重的灾害之一，其发生受水文地质条件控制。本文以矿井突水隐患区为研究对象，系统分析含水层结构、水文补给来源、地下水流向及地质构造特征等因素，揭示突水形成机制及其空间分布规律。通过对比分析突水隐患区的关键水文指标，提出风险分级方法及预测模型，为突水防治提供科学依据，对保障矿井安全生产和制定防控措施具有重要意义。

【关键词】：矿井突水；隐患区；水文地质；风险评估；防治

DOI:10.12417/2811-0536.26.02.012

引言

矿井突水作为煤矿生产中的重大安全问题，一旦发生，将导致井下作业环境恶化，造成设备损毁和人员伤亡，影响矿区经济效益。突水隐患的识别和控制依赖于对矿区水文地质特征的深度分析。通过研究含水层结构、水流通道及地质构造变化，可明确地下水运移规律，识别潜在突水危险点。分析矿井突水隐患区的水文地质特征，不仅能够为突水预测提供数据支持，还能为矿井开采方案优化和安全保障体系建设提供技术依据，从而实现矿区安全生产与效益的双重提升。

1 矿井突水隐患区水文地质特征解析

矿井突水隐患区的水文地质特征具有明显的复杂性和区域差异性，不同地质构造单元对地下水的赋存和运移起着决定性作用。隐患区通常分布在断裂密集或岩溶发育地带，这些部位岩体破碎，渗透性强，易形成地下水集中运移的通道。岩层中含水层厚度变化大，局部存在承压含水层，水位波动频繁，补给来源主要来自地表降水、地表水体及邻近含水层，导致地下水系统具有较高的不稳定性。断层破碎带不仅改变含水层连续性，还可能形成突水通路，使得含水层与采掘空间直接连通，增加突水风险。

在隐患区内部，含水层主要由砂岩、石灰岩及裂隙发育的岩层构成，其中石灰岩易形成岩溶空腔和溶蚀裂隙，这些构造空间在外界水压作用下成为突水的重要通道。含水层与隔水层的组合关系复杂，局部隔水层厚度不足或岩性变化明显，隔水性能弱，导致水力联系加强，易出现突水点集中分布的现象。地下水流场受地形起伏、采掘扰动和构造应力共同影响，表现为流向多变、水头梯度差异明显，当采掘扰动引起压力差增大时，隐伏的突水通道将被激活，形成高强度突水。

矿区水文地质条件还受矿井排水、巷道布置及开采深度等工程因素影响。随着采掘深度增加，承压水头逐渐升高，巷道与含水层之间的水力通道数量增加，水力联系更加复杂。部分老空水及积水区在未彻底查明前，易与新采区连通，形成新的水害隐患。对这些特征进行精细化调查与分析，有助于揭示突水隐患区的形成机制，为风险预测提供数据支撑。

2 突水隐患识别与风险评估方法

突水隐患的识别与风险评估是矿井安全管理中的核心环节，需要在全面掌握水文地质条件的基础上，结合实际开采情况，构建科学的识别与评估体系。矿井突水隐患识别通常依赖于地质勘探、钻孔揭露、水位观测和地球物理探测等多种手段，通过对含水层分布、厚度变化、水质类型以及地下水动态特征进行综合分析，确定高危区域。钻孔取样可以获取含水层的岩性、孔隙结构和裂隙特征，明确渗透性与含水性变化，揭示隐伏的水力通道。地球物理方法在突水隐患探测中具有重要作用，通过电阻率、地震波速度及电磁波反射差异，可定位断层破碎带、岩溶空腔及积水区域，为后续评估提供基础数据。

在风险评估过程中，需要建立分级标准，对不同区域的突水危险程度进行量化判定。风险等级划分应考虑含水层富水性、水压大小、隔水层完整性、地质构造复杂程度以及采掘扰动强度等多重因素，并结合历史突发事件进行对比验证。通过计算地下水补给强度与采掘扰动产生的水力梯度变化，可以判断潜在突水点的活跃程度。GIS空间分析技术可用于突水隐患区的可视化表达，将含水层、断裂系统、采掘工程布置及历史水害数据进行叠加分析，实现多维度风险分布图的生成，便于制定针对性的防治措施。

水文观测数据的动态跟踪在突水风险评估中不可或缺。通过实时监测水位变化、流量波动和水质参数，

可以捕捉含水层状态的异常信号。当某一含水层水位短时间内快速升高或水质成分发生明显变化时,往往意味着新的水力联系被激活或隐伏的突水通道正在形成。结合采掘进度和水文动态数据,可及时调整风险等级,为矿井生产提供决策依据。地应力测试与微震监测也应纳入评估体系,这些技术能够反映地下岩体受力变化以及裂隙扩展情况,为判断突水通道的发育趋势提供科学依据。

综合多源数据建立数学模型是现代突水风险评估的重要方向。通过地下水流动模拟与渗流场分析,可以预测不同采掘方案下的水力响应,识别最易发生突水的关键部位。利用概率统计模型可量化不同因素对突水的贡献率,实现风险评估的精细化和智能化。将现场勘探成果与模型预测结果结合,可以对矿井突水隐患区进行动态调整,使风险识别与评估更加精准可靠。

3 突水防治策略与应用效果分析

突水防治策略的制定需以隐患区水文地质特征和风险评估结果为依据,通过预防、控制与应急处理相结合的方式降低突水灾害发生概率。针对高风险区域,需在采掘前进行超前治理,通过布置探放水钻孔、加密水文地质勘探和动态跟踪监测来查明含水层分布及水压变化情况。探放水钻孔能够有效释放承压水头,减少水力突变对巷道和采掘面的威胁。对岩溶裂隙发育地段,可采取注浆加固技术,通过浆液充填裂隙与溶洞,增强隔水层的完整性并降低渗透系数,从而切断水力联系,形成稳定的隔水屏障。

在突水防治过程中,排水系统的科学设计具有重要意义。通过合理布置排水巷道和泵站,结合分区排水和分级控制模式,可实现对不同区域地下水的有效疏排,防止水位异常上升引发突水。同时,应建立完善的在线监测网络,利用自动化传感设备实时采集水

位、水压、流量等参数,并通过数据传输系统实现对关键区域的连续监控。当监测数据出现异常波动时,可立即启动预警机制,提前采取措施阻止突水发生。

采掘方案的优化也是突水防治的重要环节。根据含水层埋深、厚度及水压大小,调整采掘顺序和开拓布局,避开高压水体集中区,减小采掘扰动对含水层稳定性的影响。在采掘过程中,结合微震监测与地应力测试,动态掌握地下岩体结构变化,并根据监测结果实时调整采掘参数,实现对突水隐患的全过程控制。对于老空水和积水区,需在开采前进行彻底查明和分隔处理,通过隔水墙建设和封堵通道,防止老空水与新采区形成连通,避免水害扩展。

在应用效果方面,经过系统治理的矿井隐患区突水发生率明显降低。通过预防性探放水和注浆加固,含水层水压得以有效控制,地下水流场趋于稳定,突水通道被显著削弱。实时监测与预警系统的运行,使隐患区域水文信息实现可视化管理,提升了预测与防控的及时性。排水设施的完善与优化保证了矿井生产的持续进行,避免因突水造成大面积停产,降低经济损失。通过将治理措施与生产过程紧密结合,实现了突水防治策略的工程化落地,为矿井安全生产提供了可靠保障,并积累了丰富的数据和经验,为后续水害防治工作提供了可参考的技术基础。

4 结语

矿井突水隐患区的水文地质特征分析、风险评估与防治策略形成了完整的研究体系。通过对含水层结构、地质构造及水力联系的深入探讨,明确了突水形成的关键因素。结合多源监测数据与模型预测,实现了隐患识别的精准化与风险分级的科学化。防治技术与实时监控体系的应用,显著提升了矿井的安全保障能力,为矿区稳定生产提供了坚实的技术支撑。

参考文献:

- [1] 王建军.煤矿突水隐患预测与防控技术研究[J].煤炭学报,2020,45(3):765-773.
- [2] 刘国强.矿井水文地质条件分析与突水机理探讨[J].中国矿业,2023,28(5):112-118.
- [3] 陈志华.基于 GIS 的矿井突水风险评估模型研究[J].矿业安全与环保,2021,48(4):56-63.