

高承压含水层突水机理及防治技术研究

李嘉宾

河南焦煤能源有限公司古汉山矿 河南 焦作 454350

【摘要】：高承压含水层突水是煤矿及地下工程建设中常见且危害严重的地质灾害，其形成机理复杂，与地层结构、水力条件及人为扰动密切相关。本文通过分析高承压含水层突水发生的应力变化、渗流通道及岩体破坏特征，揭示了含水层突水的内在动力机制。在此基础上，提出一套适用于不同地质条件的防治技术，包括预先卸压、注浆封堵与分层隔水措施，并通过工程实例验证其有效性。研究成果可为类似工程提供理论依据与技术指导。

【关键词】：高承压含水层；突水机理；渗流控制；防治技术；岩体破坏

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.008

引言

高承压含水层在地下工程开采过程中往往蕴含巨大的水力能量，一旦突水，将对生产安全和工程稳定造成严重影响。随着开采深度的增加，含水层与巷道、工作面之间的水压差不断增大，导致突水灾害发生频率和破坏程度显著上升。近年来，针对高承压含水层突水的研究不断深入，但在复杂地质条件下，其形成过程和控制方法仍存在不足。为有效降低突水风险，有必要深入探讨其力学特征与渗流规律，并建立系统化的防治技术体系，从而为工程实践提供科学依据。

1 高承压含水层突水成因分析

高承压含水层突水的发生与地下地质结构密切相关，其形成通常处于厚层含水岩系中，高承压含水层具有明显的承压特征。此类含水层多位于灰岩、砂岩或裂隙发育的碳酸盐岩中，上覆为隔水性能较强的黏土层或泥岩。由于地层长期受构造运动作用，产生断裂、褶曲及节理裂隙，使得含水层内部形成了较为复杂的渗流通道。地下水在高水头压力作用下储存能量，当围岩受到工程扰动或开挖影响时，岩体结构完整性下降，隔水层发生应力集中与破坏，水体便沿破裂面迅速突涌，形成突水灾害。

随着开采深度不断增加，地下水压力同步升高，含水层与采掘空间之间形成较大的水压差，导致岩层受力状态逐渐失稳。高水压作用下，围岩孔隙水压力增大，渗透系数随之升高，使得微小裂隙逐渐扩展为贯通裂隙。若承压水压力超过围岩强度极限，隔水层便会发生剪切破坏或拉张破坏，形成连通通道。此过程中，地下水不仅通过原有裂隙渗流，还会沿新生断裂扩展，进一步降低岩层整体承载能力，造成含水层与工作面之间的水力联系急剧增强。

在突水孕育阶段，地应力与水力作用相互耦合，

隔水层内部产生应力集中区。随着采场范围扩大，围岩应力重新分布，原有稳定平衡被打破，局部薄弱带成为渗流集中区。高承压水在此处积聚并不断冲刷，形成局部冲蚀，促进岩体颗粒迁移，最终形成突水通道。尤其在断层破碎带或褶曲轴部区域，裂隙密度更大、渗流通畅，突水危险性明显增加。地质构造、水动力条件及工程扰动三者的综合作用，共同驱动了高承压含水层突水的发生与发展。

2 防治技术体系构建与实施

高承压含水层突水防治需要在充分掌握地质构造、水力学条件及岩体力学特征的基础上，建立完善的技术体系，实现超前预测与主动控制。在工程施工前，通过综合物探、钻探和水文地质测试，准确圈定含水层分布范围及其承压特性，并确定隔水层厚度、岩性及渗透性能。结合监测数据构建三维水文地质模型，用于模拟地下水流场和压力分布，为防治措施的选择提供科学依据。该阶段还需布设地下水位和孔隙水压力监测网络，实时掌握承压水变化趋势，提前识别突水隐患区域，从源头上降低风险。

在控制措施中，卸压技术是应对高水压的关键手段。通过布置疏水钻孔或卸压井，将高压水引导至安全区域，从而降低含水层内部压力，减缓岩体应力集中状况。卸压过程中需控制钻孔深度、孔径及布置密度，保证压力释放均匀，避免形成新的渗流通道。对高渗透性区域，采取分段分区的卸压方式，防止水流集中涌出。卸压效果需通过压力计与流量计持续监测，根据监测结果调整施工参数，确保压力控制在安全范围内。封堵措施主要针对突水通道及高渗透裂隙，采用高强度、低渗透的注浆材料，如水泥-水玻璃双液浆或聚氨酯浆液，通过注浆加固围岩结构并封闭裂隙网络。注浆作业应分阶段推进，先对主要通道进行高压注浆封堵，再逐步扩展至周边次级裂隙区域，以形成

连续隔水屏障。对于断层破碎带或软弱夹层,可结合帷幕注浆与面状加固,提高隔水层整体抗渗能力。注浆压力和浆液扩散范围需依据地层结构与水压情况实时调整,避免因压力过大造成围岩二次破坏。

隔水措施通过物理隔离的方式切断含水层与采掘空间之间的水力联系。在巷道或工作面周边构筑防水墙、隔水煤柱或高强度混凝土隔离层,使突水水流无法直接进入施工区域。隔水结构的设计应根据含水层压力等级和围岩稳定性确定厚度与强度,并结合数值模拟优化结构布局。对于高承压水头区,可联合使用帷幕注浆和隔水墙,形成多重防线,提升整体防护效果。在工程实施过程中,动态监测与施工反馈至关重要。通过布设水位计、渗压计和声发射传感器,对突水前兆信号进行实时采集,并结合现场施工记录建立信息化管理平台,实现预测、预警与防治同步运行。若监测数据出现异常,及时启动应急封堵或加固方案,防止突水事故扩大。通过持续的技术改进与现场验证,不断完善防治技术体系,使其能够适应复杂多变的地质条件,并保障工程施工的安全性及可靠性。

3 工程应用成效与经验总结

高承压含水层突水防治技术在多个煤矿和地下工程建设中得到应用,通过现场实践证明了其科学性与可操作性。在实际工程中,基于水文地质勘查与数值模拟成果,精确确定含水层位置及承压特性,针对不同地质条件制定个性化防治方案。采用超前钻探结合水位动态监测,有效识别潜在突水危险区,并在突水高发部位实施卸压孔群布置,将局部高压水通过可控导流系统释放到安全区域,使围岩应力逐步趋于稳定。通过对比监测数据与模型预测结果,验证了卸压范围和降压幅度的合理性,为后续施工提供数据支持。

参考文献:

- [1] 王建国.高承压含水层突水机理及防治技术研究[J].煤炭科学技术,2022,50(6):75-81.
- [2] 刘海峰.煤矿高承压水害防治理论与实践[J].岩土工程技术,2021,39(4):43-50.
- [3] 陈立新.深部含水层突水通道演化规律研究[J].矿山压力与顶板管理,2020,37(3):18-24.

在实施封堵与隔水措施过程中,针对断层破碎带及裂隙密集区,开展多轮注浆作业,并采用分区分段注浆技术,使浆液在岩体中均匀扩散,形成连续致密的防水屏障。经过多次检测,注浆区的渗透系数明显降低,突水点水量显著减少,承压水与采掘空间之间的水力联系被有效切断。隔水墙体和高强度混凝土护层同步施工,使工程区整体形成稳定的隔水系统,显著提高了防渗能力和结构稳定性。动态监测系统在整个过程中持续运行,对水压变化、裂隙扩展及围岩稳定状态进行实时分析,当监测数据出现异常时,及时采取加固或补强措施,实现突水控制的闭环管理。

通过大量工程应用经验积累,形成了一套完善的防治技术体系,明确了不同含水层压力等级下的控制要点。高水压区更适合分段卸压与多重注浆联合防治,中等水压区则侧重于隔水层加固与局部压力释放。施工过程中对压力监测、浆液扩散范围及隔水结构稳定性进行同步验证,使技术手段与地质条件高度匹配。通过工程数据分析,总结出含水层突水防控的关键参数范围和最佳施工工艺,实现了防治技术的标准化与精细化,为后续类似工程提供了直接可借鉴的实践经验。

4 结语

高承压含水层突水防治研究通过理论分析与工程实践结合,揭示了突水形成的动力机制,并构建了科学的防治技术体系。通过卸压、注浆、隔水等综合措施,有效降低了含水层水压,切断了突水通道,实现了对突水灾害的主动控制。工程应用验证了技术的可靠性与适用性,并总结出不同水压条件下的控制要点,为类似工程提供了可推广的经验和技術依据,具有重要的实际价值与指导意义。