

煤层顶板裂隙带高度对防治水安全开采的影响研究

李嘉宾

河南焦煤能源有限公司古汉山矿 河南 焦作 454350

【摘要】：煤层顶板裂隙带高度是防治水安全开采的重要控制指标。裂隙带高度过大可能导致含水层导通，增加透水风险，进而威胁采场安全。本文通过分析煤层顶板在不同开采条件下的裂隙带发育规律，探讨其对防治水安全开采的影响机制，并提出控制裂隙带高度的技术措施。研究结果可为矿井预测透水危险区域、优化防治水策略提供理论依据和技术支持，提升煤矿安全生产水平。

【关键词】：裂隙带高度；顶板含水层；防治水；安全开采；透水风险

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.012

引言

煤炭资源在开采过程中常伴随复杂的水文地质条件，顶板含水层是影响矿井安全的重要因素。随着采深增加，顶板岩层受采动应力作用，形成裂隙带，并向上扩展至含水层。当裂隙带高度超过临界值时，极易导致含水层与采空区导通，诱发突水事故。近年来，因顶板裂隙带控制不当而引发的透水事件频发，造成重大损失。深入研究裂隙带高度变化规律，科学评估其对防治水安全开采的影响，对于保障矿井生产安全、降低水害风险具有重要意义。

1 裂隙带高度变化规律与影响因素分析

煤层顶板裂隙带的形成与采动扰动密切相关，其高度变化表现出明显的阶段性和规律性。采煤工作面推进过程中，覆岩受应力重新分布影响，产生不同类型的岩层运动与破坏。紧邻煤层的直接顶在短时间内失稳垮落，形成垮落带；上部岩层在垮落空间的影响下产生张拉破坏，逐渐出现大量贯通裂隙，构成裂隙带。裂隙带的向上延伸受煤层埋深、岩层组合结构以及采高等因素制约，岩层整体性强、厚度大的情况下裂隙延伸受到限制，岩性破碎、厚度薄弱时裂隙带发展迅速并向含水层扩展。在实际开采条件下，采深增加导致原岩应力水平提高，顶板受采动扰动后释放的能量增大，裂隙带高度随之增加。煤层厚度也是重要影响参数，厚煤层采出空间大，覆岩下沉量增加，使裂隙在垮落带与弯曲下沉带中不断扩展，最终形成更高的裂隙带。此外，岩层倾角和结构面分布对裂隙扩展方向与规模起到控制作用，倾角较大的区域裂隙呈定向发育，形成水力通道，增加含水层被扰动的风险。

工作面推进速度与开采强度也是裂隙带变化的重要因素。高强度连续采煤使得覆岩来不及充分稳定，裂隙得以迅速贯通，并可能突破隔水层。若采区顶板存在砂岩或含水性强的岩层，在开采扰动下极易形成

导水裂隙，使上部含水层与采空区连通，增加透水危险。水文地质条件复杂的矿区，地下水压力较高时，裂隙的发育过程更为活跃，裂隙高度在压力水作用下呈加速扩展趋势。裂隙带高度的形成与变化是多种因素共同作用的结果，既有地质条件的内在控制，也受采动参数与外部水压的影响。对这些因素的定量研究，可为预测裂隙带发展范围提供理论基础，并为防治水设计提供数据支撑。

2 裂隙带高度对防治水安全的作用机制

煤层顶板裂隙带高度的变化决定着矿井防治水安全的风险水平，其作用机制体现为对含水层与采空区水力联系的控制。当裂隙带高度较低时，顶板岩层内部仍保留完整隔水层，导水裂隙未能上延至含水层，地下水与采空区之间处于相对隔离状态，水害威胁处于可控范围。然而随着开采深度增加与采动扰动强化，裂隙在垮落带与弯曲下沉带中逐步向上扩展，一旦高度超过隔水层临界厚度，便可能形成垂向贯通的导水通道，使含水层与采空区直接相连，导致透水事故发生。此类导水通道一旦形成，将导致含水层水压集中释放，采空区迅速充水，威胁工作面安全，甚至引发大范围突水灾害。

裂隙带高度不仅影响透水事故的发生概率，还决定含水层受扰动的范围和程度。裂隙高度大于含水层底板埋深时，含水层的水力稳定性遭到破坏，地下水沿裂隙流动，导致含水层压力结构发生改变，水位急剧下降，局部甚至出现承压水喷射现象。这一过程将改变原有地下水系统，使水害控制更加复杂。裂隙高度较小的区域，即使产生局部裂隙导水现象，也因裂隙不贯通或孔隙连通性不足，难以形成大规模透水通道，透水风险相对较低。裂隙带高度变化因此成为衡量水害危险等级的重要指标。

在复杂水文地质条件下，裂隙高度与地下水压力

之间相互作用。当地下水压力较高时,裂隙在水力作用下会被进一步张开,裂隙宽度扩大,导水能力增强,使原本尚未贯通的裂隙向上延伸,加速含水层导通过程。若裂隙高度接近隔水层安全厚度,强水压的长期作用可导致隔水层失稳破坏,最终形成稳定的水流通通道。此外,裂隙高度的增加还会引发含水层砂岩或富水岩层结构松弛,降低隔水层强度,进一步扩大透水风险范围。

裂隙带高度的动态变化对防治水措施的设计提出更高要求。在开采过程中,若裂隙高度预测不足,隔水层保护厚度计算偏差,将导致防水煤柱留设不合理或防水注浆范围不足,使工作面处于失防状态。裂隙高度超过预期时,水害控制措施难以及时跟进,含水层水量直接涌入采空区,造成事故。通过实时监测裂隙带高度,结合微震监测、钻探验证及水位变化分析,可准确判断导水裂隙发育情况,从而确定水害治理重点区段。裂隙带高度不仅是评价防治水安全性的核心参数,更是预测含水层导通与透水危险的重要依据,对保障煤矿安全生产具有不可替代的指导作用。

3 控制裂隙带高度的技术与实践研究

控制煤层顶板裂隙带高度是实现防治水安全开采的核心环节,需要通过多种技术手段协同作用,从源头上减少导水裂隙的形成与扩展。采动控制是调节裂隙带高度的重要措施,通过合理设计采高、推进速度以及开采强度,使覆岩在受力过程中保持一定的稳定性,限制岩层大范围张拉破坏。减小单一采区的采高可有效降低垮落带与弯曲下沉带的扩展范围,从而控制裂隙上延高度。通过分区分段开采,将工作面划分为相对独立的采区,减少应力集中,降低裂隙贯通的可能性。工作面推进速度保持在适宜区间,使顶板岩层在采动过程中有足够时间实现自稳,有助于维持隔水层完整性。

参考文献:

- [1] 刘建国.煤层顶板裂隙带发育规律研究[J].煤炭科学技术,2022,50(3):45-52.
- [2] 王志强.煤矿防治水技术及应用研究[J].煤矿安全,2021,52(7):27-33.
- [3] 陈伟.煤层顶板含水层导通机理分析[J].中国煤炭,2020,46(10):89-96.

注浆加固是控制裂隙带扩展的重要手段,通过在裂隙发育区进行高压注浆,填充岩层中的导水通道,改善岩石结构的整体性,提高隔水层抗渗性能。注浆材料选用具有高扩散性与高干结强度的浆液,使裂隙得到有效封堵,阻止地下水沿裂隙向下渗透。该方法在富水砂岩层及隔水层厚度不足区域应用广泛,对预防含水层导通具有显著效果。为了增强加固效果,可结合超前预探钻孔技术,在工作面前方布置监测孔,提前识别裂隙高度及发育状态,再进行定向注浆,使加固范围更加精准。

在矿井实际生产中,水文地质监测系统的建设对控制裂隙带高度具有基础性作用。通过布设微震监测传感器、裂隙水压监测点和地表沉降观测站,可以实时掌握裂隙扩展动态与水压变化趋势,及时调整防治水方案。数据采集后结合数值模拟,对裂隙带高度进行动态预测,为开采布局和防水煤柱设计提供依据。现代技术中,三维地质建模和激光扫描技术可实现对顶板岩层空间结构的可视化分析,辅助矿井科学决策。在控制裂隙带高度的实践过程中,还需结合区域注水和充填开采等方法。通过向采空区注入一定水量,减缓岩层下沉速度,降低裂隙继续扩展的动力。充填开采则通过在采空区回填固体材料或充填浆液,支撑顶板岩层,减少垮落空间,从物理上限制裂隙的形成与扩展。

4 结语

煤层顶板裂隙带高度直接关系到矿井防治水安全与含水层稳定性。通过对裂隙带高度变化规律、作用机制及控制技术的研究,可有效识别透水风险区,制定科学的防治水方案。将采动控制、注浆加固、实时监测和充填开采等措施结合应用,不仅能够减少裂隙上延范围,还能实现煤炭资源的安全、高效与绿色开发,为矿井持续安全生产提供坚实保障。