

布尔台矿坚硬顶板注水软化与渗流特性及其耦合机制研究

Study on water softening and seepage characteristics and coupling mechanism of hard roof in Buertai Mine

王玉明¹ 滕腾¹

Wang Yuming¹ Teng Teng^{1,2,3}

(1. 中国矿业大学(北京)能源与矿业学院, 北京 100083;

2. 深部岩土力学与地下工程重点实验室, 北京 100083;

3. 深部煤矿采动响应与灾害防控国家重点实验室, 安徽淮南 232001)

(1. State Key Laboratory for Geo-Mechanics and Deep Underground Engineering, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China;

2. School of Energy and Mining Engineering, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China;

3. State Key Laboratory Cultivation Base for Gas Geology and Gas Control, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

摘要: 在煤炭开采中坚硬顶板大面积悬空会导致应力集中, 高应力顶板垮塌引发人员伤亡和财产损失。因此, 对顶板的控制和治理至关重要。本文深入分析了布尔台矿顶板岩层注水软化及其渗流耦合演化过程, 通过室内力学试验、理论分析和数值模拟, 建立了流固耦合力学模型和数值模型。研究表明, 泥质砂岩吸水后, 其抗压和抗拉强度比值由干燥状态的 11 倍降为 7 倍, 饱水对其抗拉、抗压强度和弹性模量均有弱化效果, 压缩破坏释放能量远高于拉伸破坏, 且吸水后差异增大; 建立了考虑外应力与孔隙水压影响的渗透率模型, 有效描述了岩样在不同应力条件下的渗透特性, 模型显示, 水压线性增加时, 渗透率指数型上升, 而在相同水压条件下, 围压的升高会削减渗透率, 只考虑轴压影响下的渗流过程可分为渗流屏蔽与渗流激增两阶段, 且渗透率会随轴压增加而降低; 结合太沙基有效应力原理和静力平衡方程建立了考虑孔隙度和弹性模量演化的流固耦合数学模型, 并通过 COMSOL 有限元仿真软件进行模拟, 结果表明 40min 为模型内部水压变化节点, 探讨了孔隙水压、渗透率和软化程度随时间的变化, 以及不同初始参数变化对模型软化渗流过程的影响。该模型为理解水力耦合作用下的现场注水效果提供了理论参考。

关键词: 坚硬顶板; 注水软化; 孔隙水压; 渗透率; 水力耦合