

热损伤花岗岩力学行为与破裂机理研究

Investigation on Mechanical Behavior and Fracture Mechanism of Thermally Damaged Granite

卜墨华^{1,2} 郭平业^{1,2}
Mohua Bu^{1,2} Pingye Guo^{1,2}

(1. 中国矿业大学(北京)隧道工程灾变防控与智能建养全国重点实验室, 北京 100083;

2. 中国矿业大学(北京)力学与土木工程学院, 北京 100083)

(1. State Key Laboratory for Tunnel Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China;

2. School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

摘要: 了解热损伤花岗岩力学行为及破裂机理对深部地下工程至关重要。开展了热损伤后花岗岩宏观物理性质和力学行为实验研究, 结果表明, 热损伤后花岗岩力学性质表现出热强化和热弱化两种效应, 加载初期观察到更多声发射(AE)信号, 全局 b 值随温度先升高后下降, 幅频特征和动态 b 值的演化有助于解释热损伤对花岗岩破裂过程的影响; 花岗岩有效热导率不仅与加热温度有关, 还受冷却速率影响, 更高的冷却速率导致更严重的损伤, 有效热导率下降更显著。基于 Weibull 分布函数和 Lemaitre 应变等效原理, 假设微元强度服从 Mohr-Coulomb 强度准则, 通过引入热损伤变量和 AE 特征参数, 推导了考虑温度效应的花岗岩统计损伤本构模型, 该模型可以很好拟合应力-应变曲线初始压密阶段, 反映热损伤后花岗岩延性特征, 且定义参数具有明确表达式和物理意义。基于 CT 技术和离散元 Grain-based Model 算法, 构建了考虑矿物分布与热传导非均匀性的花岗岩热-力损伤二维和三维数值模型, 发现矿物颗粒热膨胀不均匀性、热传导非均匀性和温度梯度引起的热应力集中是导致热致裂纹萌生和扩展的主要原因, 从热致裂纹、力致裂纹和力链演化与相互作用过程揭示了热损伤对花岗岩力学行为的影响机制。

关键词: 岩石力学; 花岗岩; 温度效应; 热损伤; 数值模拟