

水岩反应蚀变矿物对模拟花岗岩断层泥摩擦系数与速度依赖性的影响

马泽强 刘金锋

MA Zeqiang LIU Jinfeng

(中山大学地球科学与工程学院, 珠海 519082)

(School of Earth Sciences and Engineering, Sun Yat-sen University, Zhuhai 519082, China)

摘要: 地热开采过程中水岩反应生成的蚀变矿物可能会影响储层断层的摩擦特性, 诱发不稳定滑动。本文以深圳东北部潜在地热储层的断裂构造为背景, 考虑了埋深约 2.5 km 温度约 150℃ 的储层条件及横岗—罗湖断裂带, 估算得出流体注入导致断层滑动的临界孔隙流体压力 (约 50 MPa) 及临界有效正应力 (约 20 MPa)。热力学计算表明, 在临界流体压力及地热温度下, 储层高产热燕山期花岗岩粉末与水反应在平衡状态下生成的蚀变矿物为: 二氧化硅、高岭石和绿泥石, 质量比为 16: 7: 2。基于此, 本文在恒定的温度 (室温)、含水率 (10%) 及有效正应力 (20 MPa) 条件下, 通过 19 个速度阶跃直剪实验, 研究了三种蚀变矿物单独作用及其共同作用 (质量比保持为 16: 7: 2) 下对模拟花岗岩断层泥的摩擦系数及其速度依赖性的影响, 并结合声发射及微观特征分析了其控制机理。实验结果表明: 天然花岗岩粉末的摩擦系数为 0.64, 表现为速度弱化。单种蚀变矿物作用下, 二氧化硅对模拟花岗岩断层泥的摩擦系数影响不显著, 但能增强断层泥速度弱化特性, 甚至引发黏滑; 相反, 黏土矿物 (高岭石和绿泥石) 可以显著降低断层泥的摩擦系数, 并起速度强化的作用。三种蚀变矿物共同作用下, 黏土矿物起主控作用: 降低断层泥的摩擦系数, 并起速度强化的作用。微观结构分析发现, 相比于三种蚀变矿物总含量为 33% 的变形样品, 总含量为 67% 的变形样品未观察到明显的剪切带且累计声发射事件数显著下降, 暗示其变形可能从脆性转变为半塑性。本研究表明如果在深圳东北部地热储层进行地热开采, 应当控制流体注入压力避免断层滑动。

关键词: 地热开采; 摩擦特性; 水岩反应; 蚀变矿物