

考虑流-固-热耦合的水力压裂相场模型研究

The phase-field modeling of coupled thermo-hydro-mechanical hydraulic fracturing process

李汉章¹ 张丰收¹

Hanzhang Li¹ Fengshou Zhang¹

(1. 同济大学土木工程学院, 上海 200092)

(1. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

摘要: 随着浅层油气资源的逐渐枯竭,对深部地下储层的勘探开发已成为保障社会能源供应的必然要求。深部储层具有地应力大、地温较高的特点。本文提出了一种基于有限元方法的流-固-热 (THM) 耦合相场模型,并通过基准算例测试验证了其准确性。模型考虑了地应力和温度的影响,采用分步求解方法 (Staggered Scheme) 和固定应力分解法 (Fixed-stress split) 求解多场耦合方程。在开源有限元软件 OpenGeoSys 中,先对单孔压裂模型进行水力压裂模拟,随后进行多孔模型水力压裂模拟。在单孔模型中,当施加较大的地应力差 (最大水平应力与最小水平应力之差) 时,水力裂缝相较于较小地应力差情况将扩展更长。温度影响主要体现在水力裂缝开度及扩展长度上,较高温差下水力裂缝开度相较等温情况更大,裂缝扩展长度也 longer。多孔压裂模型的数值模拟结果表明,枯竭生产井引起的非均质地应力对水力裂缝扩展路径的影响较小,基本不改变水力裂缝原有扩展路径。同时,多个射孔的同时同时注水压裂导致应力阴影效应,相邻射孔的水力裂缝扩展产生竞争,部分裂缝扩展受到抑制。

关键词: 流-固-热耦合; 相场; 水力压裂; OpenGeoSys