

考虑热-水-力-化四场耦合的离散虚内键模型

Thermal-hydraulic-mechanical-chemical coupled discretized virtual internal bond model

朱天赐¹ 张振南¹

ZHU Tianci¹ ZHANG Zhennan¹

(1. 上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院, 上海 200092)

(1. School of Ocean and Civil Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200092, China)

摘要: 我国深层碳酸盐岩油藏储量丰富, 而酸化压裂是改造该种储层的关键性技术之一。但目前酸化压裂仍然缺乏相应的技术手段进行预测评估, 其中的一个关键问题就是对热-水-力-化 (THMC) 耦合作用下的酸化压裂改造机理缺乏认知。为模拟该多物理场耦合过程, 离散虚内键模型 (DVIB) 被进一步发展。DVIB 模型认为, 岩石基质由许多离散的键元胞组成, 其中每个键元胞由一定数量的键构成。通过这样的简化, 发生在三维岩石基质中的过程被简化为一维键上的过程。如果将这些键同时视为力学的连接件, 流体渗流的通道, 溶质与热量运移的通道和酸-岩反应发生的地点, 则复杂的三维耦合过程就被统一在一维微观键的层面上。基于键的模型, 可以建立相应的控制方程和稳定求解的迭代算法。酸液在键中的输运问题可以被归纳为一维反应流问题 (对流-扩散-反应问题)。如果忽略其中的反应过程, 则可以进一步缩减为一维对流-扩散过程。于是酸液的输送过程和热量的输送过程可以被同样形式的控制方程所描述。求解该方程时, 由于考虑到对流项的作用, 传统伽辽金法失去了对能量范数最佳逼近的性质, 所以计算结果中将出现强烈的数值振荡。人工扩散系数 (ADM) 被引入来解决这个问题。最终, DVIB 模型为研究酸化压裂过程提供了一种简单有效的多场耦合数值方法。

关键词: 热-水-力-化耦合; 酸化压裂; 离散虚内键模型; 碳酸盐岩储层;