

地下储氢指进数值模拟

Numerical Simulation of Immiscible Displacement in the Underground Hydrogen Storage

任天悦¹ 沈贤达¹ 张丰收¹

Tianyue Ren¹ Xianda Shen¹ Fengshou Zhang¹

(1. 同济大学土木工程, 上海 200092;)

(1. Department of Geotechnical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;)

摘要: 当前, 全球能源生产结构正从以化石能源为主向以可再生能源为主转变, 实现碳中和目标的首要任务是大规模推广和应用可再生能源, 因此地下储氢技术正受到越来越多的关注。氢气具扩散性高, 密度小和粘度小等独特的物理特性, 可能会引发气液不稳定驱替。研究表明, 垫气可以一定程度上减轻地下储氢中指进现象, 补救效果取决于垫气的成分和体积分数。本研究拟采用 Fluent 软来研究微观尺度中垫气对指进的影响, 使用欧拉多流体 VOF 模型模拟微流控芯片中混合气体-水驱替, 准确捕捉气液界面。选用氮气作为缓冲气体体, 体积分数从 0%到 70%, 与氢气混合注微流控模型。进一步探究注入速率、流体粘度等流体参数对指进模式的影响。结果显示, 粘性指进和毛细管指进是两种主要的指进类型, 分别由粘性力和毛细力主导。粘性指进总是沿着流动方向前进, 而毛细管指进则倾向于向任何方向扩展, 甚至可能逆向侵入。利用图像分析模拟结果的不同指进模式, 具体的几何指标包括特征面积、分形维数、平均角度和角度熵, 用以描述指进模式的形状并预测其类型。结果表明, 垫气的注入显著提高了饱和度, 并且垫气的浓度对多孔介质中的指进行为有重要影响。

关键词: 地下储氢; 指进; 垫气