

基于数据驱动的玄武地层 CO₂ 矿化封存模型

A Data-Driven Method for CO₂ Mineralization Analysis in Basalt Reservoirs

欧阳蔚荃¹ 冯钊¹ 张丰收² 沈贤达²

Weiquan Ouyang¹ Zhao Feng¹ Fengshou Zhang² Xianda Shen²

(1. 同济大学 岩土与地下工程教育部重点实验室, 上海 200092;

2. 同济大学 土木工程学院, 上海 200092)

(1. Key Laboratory of Geotechnical and Underground Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China;

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

摘要: 在碳捕集与封存 (CCS) 领域, 玄武岩地层作为潜在的 CO₂ 储层展现出巨大的前景, 玄武岩与 CO₂ 快速发生矿化反应, 将 CO₂ 转化为固态, 从而降低泄漏风险。在本研究中, 首先建立了玄武岩地层 CO₂ 注入的矿化模型, 以揭示 CO₂ 与玄武岩相互作用的时空动态响应。数值模型表明, 注入初期, 注入井附近的孔隙度增加, 从而提高了注入能力。然而, 随着碳酸盐沉淀逐渐占主导地位, 储层的注入能力下降。为了提高模拟效率, 我们结合 Transformer 架构和 Unet 架构构建了一个深度学习替代模型, 加速碳酸盐沉淀的预测。该模型考虑了七种初始矿物和四种沉淀矿物, 其计算效率比传统数值模型高出一千倍。这一模拟效率的巨大飞跃凸显了利用先进的机器学习技术来加速和优化 CCS 项目中 CO₂ 矿化评估的潜力, 提供了一种可扩展且计算上可行的解决方案, 用于预测复杂的地球化学相互作用。

关键词: 代理模型; CO₂ 封存; 玄武岩地层