

基于多层神经网络预测超临界 CO₂ 破裂压力

Prediction of supercritical CO₂ breakdown pressure based on multi-layer neural network

张秀凤¹ 张丰收¹ 张敏² 刘书源³

Xiufeng Zhang¹ Fengshou Zhang¹ Min Zhang² Shuyuan Liu²

(1. 同济大学土木工程学院地下建筑与工程系, 上海 200092;

2. TU Bergakademie Freiberg, Freiberg 09599;

3. 东北大学资源与土木工程学院, 沈阳 110819)

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

2. TU Bergakademie Freiberg, Freiberg 09599, Germany;

3. School of Resource and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

摘要: 破裂压力是评价压裂效果的关键指标。通过搜集并汇总 362 组压裂(水和超临界 CO₂)实验数据,归纳了 8 个影响因素(压裂液类型、最大最小水平主应力、压裂液初始温度、井筒直径、排量、试样抗拉强度、试样泊松比)作为输入变量。基于深度学习,以人工神经网络为架构,对输入变量(8 因素)和输出变量(破裂压力)之间复杂非线性关系进行建模,以期获取综合因素影响下的破裂压力预测值。研究表明,损失函数在初期较大,但随着模型迭代次数的增加,训练和测试的实际值与预测值误差越来越小,直至达到稳定;同时,达到稳定后,训练和测试的准确率均高于 90%。训练样本和测试样本的数据点均布置在理想拟合直线(实际值=预测值)附近,训练集(测试集)的 R, RMSE, MAE 分别为 0.9482 (0.9123), 3.424 (4.421), 2.283 (3.188)。此外,上述各影响因素相对重要程度排序如下:压裂液类型>抗拉强度>排量>最大水平主应力>泊松比>井筒直径>最小水平主应力>压裂液初始温度。具体地,压裂液类型和抗拉强度是相对最为敏感的影响变量,其重要性分别达到 28.3%和 21.4%,排量对破裂压力的影响占 12.3%。以上结果说明,训练好的多层神经网络模型可较好地用于学习与预测破裂压力,可为压裂施工参数优化提供参考依据。

关键词: 压裂; 破裂压力; 神经网络