

基于机器学习代理模型的水平井井位优化方法

戴勤洋, 张黎明*, 张凯, 陈国栋, 马小鹏, 吴大卫, 曹陈明, 姚军
zhangliming@upc.edu.cn; zhangkai@upc.edu.cn; dai_qinyang@163.com

第十二届全国流体力学学术会议

2022年11月19-21日 - 西安

摘要

石油作为一种极具战略价值的地下流体资源, 对其进行科学高效的开发对经济社会发展及国家安全至关重要。随着我国石油工业的不断发展, 水平井技术已被广泛应用于各类复杂油藏开采中, 其位置决策部署对整体开采效果影响巨大, 油田现场通常依据人工经验进行判断决策, 较难获取最优井位方案。本文建立了一种基于机器学习代理模型的水平井井位优化方法, 通过水平井井眼坐标、水平井长度、水平井旋转方向等关键参数表征水平井位置并形成优化决策空间, 在全域决策空间中对井位方案进行拉丁超立方采样, 结合油藏数值模拟器对不同样本方案进行数值评估, 基于真实评估的样本方案构建径向基神经网络代理模型, 随后耦合差分进化算法进行优化。在优化过程中利用机器学习代理模型对新生成的待选井位方案完成预筛并持续迭代寻优, 从而获取最优的水平井井位部署策略。本方法在油藏概念模型上进行了测试分析, 优化井位方案可获得更多累产油, 能为油田现场的水平井井位设计部署提供借鉴。

方法

考虑到水平井位优化问题面临的实际困境和降低智能进化算法大量昂贵耗时评估的迫切需求。基于油藏水平井位样本构建了径向基神经网络模型。该模型构建速度快、计算复杂度相对较小、对变量维度的敏感性不强, 可用于对进化算法产生的子代种群进行快速预筛, 从而获取优化潜力较高的水平井位设计方案进行数值模拟真实评估, 从而最大化计算资源能效指导寻优搜索, 更好的收敛到油藏井位设计最优解。选取油藏模型的累产油量作为优化的目标函数, 优化水平井的井眼坐标 (x, y) 、水平段的长度 L 、水平段的旋转方向 θ 这几个与水平井位置部署有关的决策变量, 问题建模如右图所示。

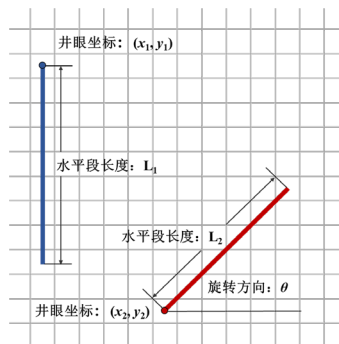


图1 水平井位优化模型建立示意图

实例与结果

优化后, 一注一采两口水平井在模型相对的两角沿边缘分布, 相较根据经验设计的对比方案注采驱替更加均衡。累产油量较优化前提高近30.1%。

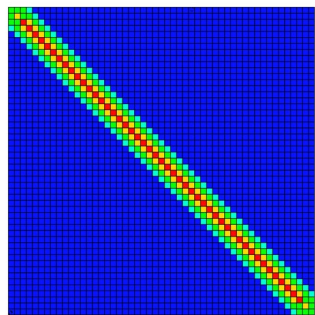


图2 单条高渗透通道油藏模型渗透率场图

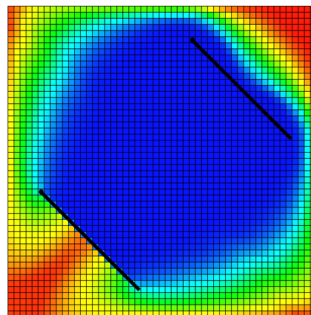


图3 对比方案剩余油饱和度场图

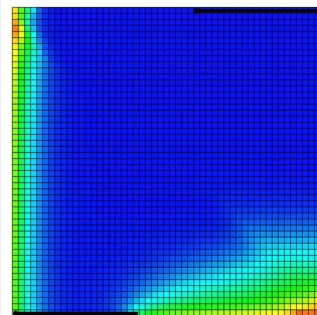


图4 优化方案剩余油饱和度场图