

页岩油储层钻进过程中渗流场和温度场及其对坍塌压力的影响

Analysis of seepage and temperature fields and their influence on collapse pressure while drilling in shale oil reservoirs

张光福¹ 何世明¹ 汤明¹ 孔令豪¹ 邓富元² 邓祥华³

Guangfu Zhang¹ Shiming He¹ Ming Tang¹ Linghao Kong¹ Fuyuan Deng² Yuan Deng³ Xianghua Deng⁴

(1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 西南石油大学, 四川成都, 610500

2. 中国石油塔里木油田分公司油气田产能建设事业部, 库尔勒, 841000

3. 中国石油集团川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院, 四川广汉, 618300)

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610500, China.

2. Oil and gas field productivity construction division of Tarim Oilfield Branch of CNPC, Korla, Xinjiang 841000

3. Drilling & Production Technology Research Institute, CNPC Chuankong Drilling Engineering Company limited, Guanghan, Sichuan 618300, China.)

摘要: 井壁失稳难题是长期制约页岩储层钻井效率的难题, 以往研究常假设渗流场为单项流, 鲜有考虑含水饱和度和井下温度对岩石力学性能的影响, 缺乏定量比较渗流场和温度场的各种参数与坍塌压力之间的关联程度。首先, 本文引入油水两相渗流模型, 描述井周含水饱和度随钻井时间的变化规律。其次, 考虑机械热源项和水力热源项, 建立并验证了全井筒-地层瞬态温度场模型; 随后, 基于实验数据拟合出页岩力学参数对温度变化的响应函数, 结合考虑含水饱和度的岩石破坏准则, 构建热流固耦合下的页岩油层坍塌压力预测模型。最后, 采用灰色关联法定量评价模型中 10 项参数与坍塌压力的关联程度。结果表明温度场模型和坍塌压力模型均与现场实测数据吻合较好; 随钻井时间增加, 井周含水饱和度和侵入距离增加, 渗流范围趋于稳定; 孔隙度大于 0.05 后, 孔隙度对地层含水饱和度的贡献降低; 欠压差钻进时, 毛管力驱动钻井液侵入地层; 最高环空温度位于钻头附近, 且高于原始地层温度, 最大井底温度差超过 20℃。钻井参数中排量对井底温度影响最大, 钻井液参数中密度、流性指数和稠度系数对井底温度的影响最大。同时考虑温度和渗流后, 坍塌压力上升了 0.075-0.175 g/cm³, 且渗流场对坍塌压力的影响显著高于温度场; 灰色关联法表明, 排量和含水饱和度与坍塌压力的关联度最高, 随钻井时间增加, 压差、水平段长度和钻压的关联度增大, 流性指数、稠度系数、岩石热传导系数、钻井压差和钻井液屈服值的关联度降低。

关键词: 页岩油储层; 井壁稳定; 两相流; 热源项; 灰色关联法;