

复杂裂缝形成的影响因素

李潇菲（中石化胜利油田分公司石油工程技术研究院，山东 东营 257000）

摘要：本文是在数值岩心建模的基础上，开展对影响复杂裂缝形成因素的测试分析，建立了数值岩心模型 30 组，进行了弹性模量、泊松比、压裂液粘度、滤失、不同地应力差不同施工排量条件下裂缝起裂延伸即形态分析等影响因素测试。

关键词：数值岩心；弹性模量；泊松比；滤失

0 引言

本文是在数值岩心建模的基础上，开展对影响复杂裂缝形成因素的测试分析，建立了数值岩心模型 30 组，进行了弹性模量、泊松比条件下裂缝起裂延伸即形态分析等影响因素测试。

1 复杂裂缝的定义以及数值岩心模型的建立

裂缝复杂性指数定义为微地震裂缝监测的缝宽与缝长之比。压裂设计，应以追求裂缝复杂性指数最大化为目标，使形成的裂缝复杂化，甚至形成网络裂缝及体积裂缝。

为了复杂裂缝的形成条件及相关影响因素，建立了一个 $400\text{m} \times 240\text{m}$ 的模型。储层自然条件及压裂施工条件参数具体如下：

①储层杨氏模量：10GPa、15GPa、25GPa、30GPa、40GPa；

②储层泊松比：0.10、0.15、0.20、0.25、0.30。

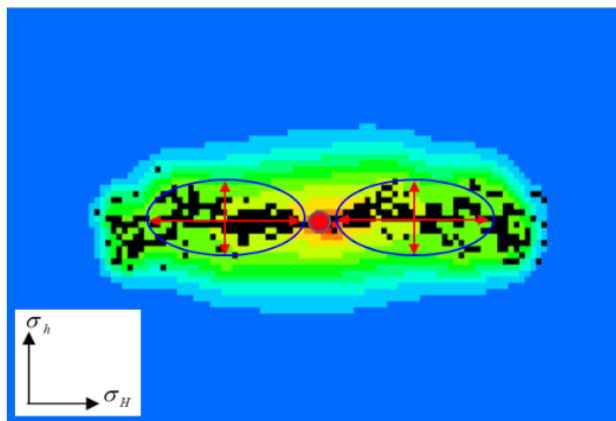
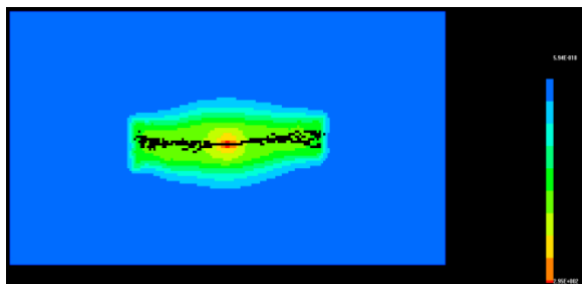
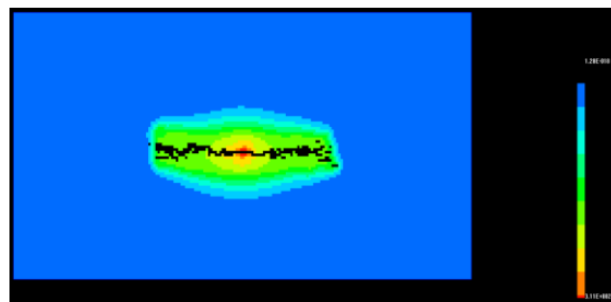


图 1 本测试项目中定义的数值岩心模型及压裂裂缝复杂性指数

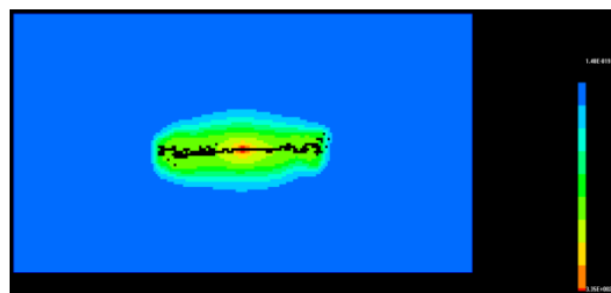
2 目的层岩石模量对复杂裂缝形成的影响



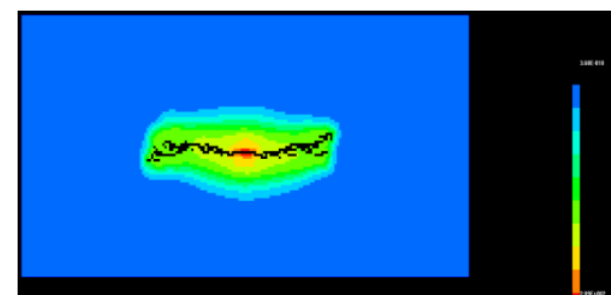
(a) 模量 10GPa



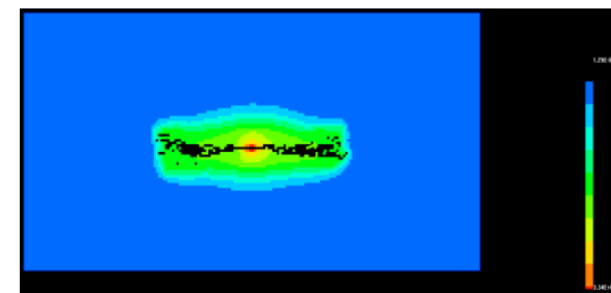
(b) 模量 15GPa



(c) 模量 25GPa



(d) 模量 30GPa



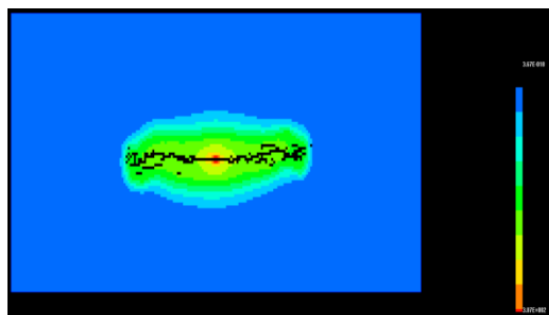
(e) 模量 40GPa

图 2 排量 $5\text{m}^3/\text{min}$ 、应力差 10MPa 压裂时，不同杨氏模量时的裂缝扩展形貌
为了测试目的层岩石模量对裂缝复杂性影响，地层

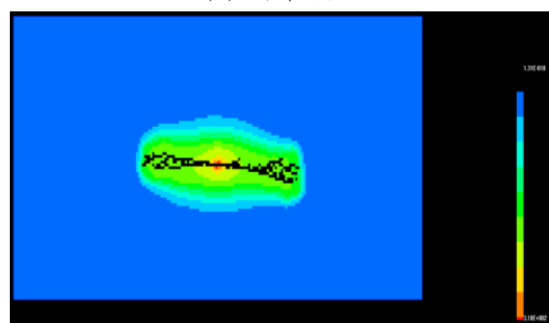
水平地应力差为 10MPa, 泊松比固定为 0.2 保持不变, 测试储层岩石杨氏模量分别在 10GPa、15GPa、25GPa、30GPa、40GPa 时, 裂缝的复杂性。测试结果如图 2 所示。从测试结果可以看出, 随着杨氏模量的提高, 裂缝复杂性有小幅提高, 但是裂缝复杂性并不明显。

3 目的层泊松比对复杂裂缝形成的影响

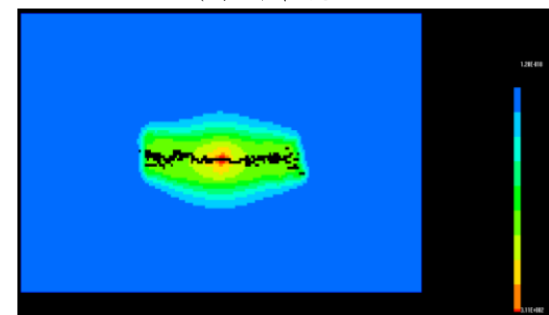
为了测试目的层泊松比对裂缝复杂性影响, 本文建立了一个 $400\text{m} \times 240\text{m}$ 的模型, 地层水平地应力差为 10MPa, 杨氏模量固定为 25GPa 保持不变, 测试储层岩石泊松比分别在 0.10、0.15、0.20、0.25、0.30 时, 裂缝的复杂性。测试结果如图 3 所示。从测试结果可以看出, 随着泊松比的提高, 裂缝复杂性有小幅降低, 但是整体变化并不明显。



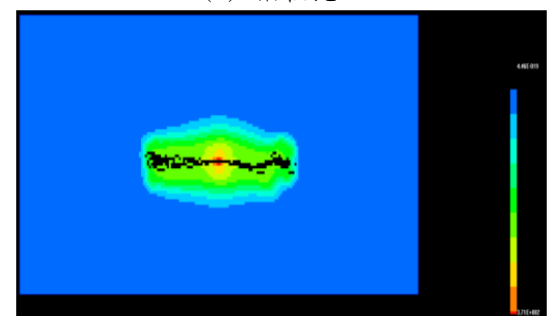
(a) 泊松比 0.1



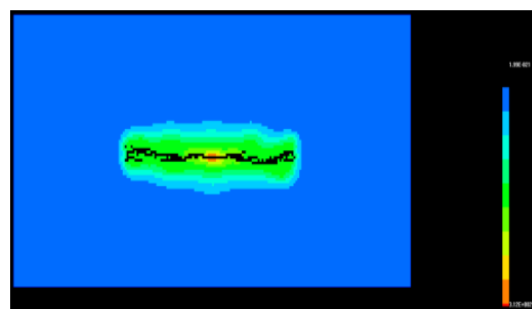
(b) 泊松比 0.15



(c) 泊松比 0.2



(d) 泊松比 0.25



(e) 泊松比 0.30

图 3 排量 $5\text{m}^3/\text{min}$ 、应力差 10MPa
压裂时, 不同泊松比时的裂缝扩展形貌

4 小结

通过以上测试可以认识到:

①在近井筒地带多是主裂缝, 分支复杂裂缝较少, 多数情况都是主裂缝先从井筒延伸一段距离, 之后再形成分支裂缝;

②在较大的水平地应力差控制条件下, 随着杨氏模量的提高, 裂缝复杂性有小幅提高; 随着泊松比的提高, 裂缝复杂性有小幅降低, 但是整体变化并不明显。

参考文献:

- [1] 姜德全, 王世勇, 唐金荣. 油层的精细分层及自动对比的新途径 [J]. 大庆石油地质与开发, 1993, 12(4): 32-35.
- [2] 王兴文, 赵金洲. 堵塞球选择性分层压裂排量控制技术 [J]. 钻采工艺, 2007, 30(1): 75-76.
- [3] 党勇杰. 柴西北复杂油水薄互层分层压裂改造技术研究与应用 [D]. 成都: 西南石油大学, 2014.
- [4] LI L C, TANG C A, LI G et al. Numerical simulation of 3D hydraulic fracturing based on an improved flow-stress-damage model and a parallel FEM technique [J]. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2012(45): 801-818.
- [5] JEFFERY R G, WEBER C R, VLAHOVIC W, et al. Hydraulic fracturing experiments in the great northern coal seam [C]. In: Proceedings of the 1994 SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference, Melbourne, 1994(11): 7-10.
- [6] ZHANG X, JEFFREY R G, THIERCELIN M. Escape of fluid-driven fractures from frictional bedding interfaces: a numerical study [J]. Journal of Structural Geology, 2008, 30(4): 478-490.
- [7] 孙博, 薛世峰, 周博. 水力裂缝与天然裂缝相互作用与影响 [J]. 科学技术与工程, 2016(36).
- [8] 尹丛彬, 李彦超, 王素兵, 等. 页岩压裂裂缝网络预测方法及其应用 [J]. 天然气工业, 2017, 37(04): 60-68.
- [9] 赵金洲, 李勇明, 王松, 等. 天然裂缝影响下的复杂压裂裂缝网络模拟 [J]. 天然气工业, 2014(02).
- [10] 张子麟. 裂缝性储层中复杂压裂裂缝网形成过程的数值模拟 [J]. 油气地质与采收率, 2018, 25(02): 113-118.
- [11] 白兴. 致密油藏复杂裂缝网络水平井产能分析 [D]. 青岛: 中国石油大学, 2009.