

天然气开发

缝洞型储层井壁裂缝宽度变化 ANSYS 模拟研究

李松, 康毅力, 李大奇, 游利军, 练章华

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

摘要:以往研究单一或成组裂缝的数值模拟,多未考虑孔洞存在对裂缝宽度变化的影响。用断裂力学基本理论及有限元法建立了不同缝洞组合裂缝宽度变化的有限元模型,通过 ANSYS 有限元软件模拟研究了缝洞型储层中不同缝洞组合:缝—洞、缝—洞—缝、缝—洞—缝—洞 3 种模型。探讨了不同模型中裂缝宽度变化、裂缝长度、井筒正压差及溶洞发育情况的关系。模拟结果表明,井筒正压差越大,裂缝宽度增量越大;相同井筒正压差下,裂缝长度越大,其缝宽增量越大;溶洞越发育,缝宽增量也越大;随着溶洞直径的逐渐增大,缝宽增量也越大。计算机模拟裂缝宽度变化规律为选取合理粒径的堵漏材料、优化漏失控制技术提供了一定的理论依据。

关键词:计算机模拟;缝洞型储层;孔洞;裂缝动态宽度;缝宽增量

中图分类号:TE258

文献标识码:A

文章编号:1672-1926(2011)02-0340-07

引用格式:李松,康毅力,李大奇,等.缝洞型储层井壁裂缝宽度变化 ANSYS 模拟研究[J].天然气地球科学,2011,22(2):340-346.

0 引言

钻井完井作业过程中,由于井筒正压差波动,经常使与井筒连通的裂缝及微裂缝张开,裂缝宽度发生变化,导致钻井液中先期加入的堵漏材料粒径与裂缝宽度不匹配,引发井漏。缝洞型储层中孔洞的存在加剧了裂缝宽度变化,形成恶性循环,井漏复杂难处理,导致严重的漏失性储层损害。对于孔隙型和裂缝—孔隙型储层裂缝应力敏感性研究,国内在室内实验评价和计算机模拟方面做了大量工作^[1-4]。练章华和康毅力等^[5-8]研究了单条垂直裂缝情况下的裂缝长度、井筒正压差与裂缝周围应力变化及裂缝宽度的关系,分析了正压差作用下的裂缝宽度变化情况。张浩等^[9]通过应力敏感性实验研究了有效应力改变条件下致密砂岩岩样孔隙度、渗透率变化规律。汤夏岚等^[10]采用有限元数值模拟方法对应力扰动井壁附近成组裂缝宽度变化规律进行预测,找出了裂缝动态宽度与井筒正压差之间的关系。闫丰明等^[11]利用不同缝洞组合岩心进行室内应力敏感性实验,讨论了孔洞存在对裂缝应力敏感性的影响。上述研究主要是没有孔洞存在的单条或多组裂

缝的动态变化,并且室内实验评价也仅限于标准岩心柱的小尺度范围,不能很好地反映缝洞型储层实际地质特征。钻井过程中,成组裂缝较发育并极有可能与井壁相连通,同时裂缝之间存在着岩溶孔洞,极易发生串珠状漏失^[12-14]。本文主要针对与井筒连通的不同缝洞组合的裂缝宽度变化规律进行了 ANSYS 有限元模拟与研究。

1 断裂力学裂缝扩展基本理论

地层岩石裂缝形成是各种地质作用力产生的结果,将裂缝分为 3 种基本型式^[15-16](图 1)。

(1) I 型(或张开型)裂缝:外载荷为垂直裂缝面的正应力,裂缝面上点的相对位移与裂缝面垂直,造成裂缝上下面张开;

(2) II 型(或滑开型)裂缝:外载荷为裂缝面内垂直于裂缝端部的剪切力,裂缝面的相对位移平行于裂缝面且与裂缝端面垂直;

(3) III 型(或撕开型)裂缝:外载荷为裂缝面内平行于裂缝端面的剪切力,裂缝表面的相对位移平行于裂缝面,同时与裂缝端面相平行。

收稿日期:2010-10-14;修回日期:2010-12-19.

基金项目:国家“973”计划课题(编号:2010CB226705);国家科技重大专项(编号:2008ZX05049-003-03;2008ZX05005-006-08HZ)联合资助。

作者简介:李松(1983-),男,河北安国人,硕士研究生,主要从事储层保护理论及技术研究. E-mail: lisong03011640@163.com.

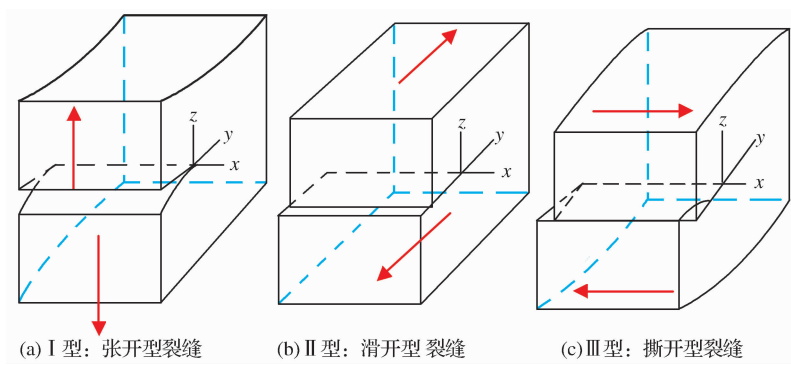


图 1 裂缝的基本类型

本文研究的裂缝属 I 型张开型裂缝。裂缝尖端的应力场和位移场控制着裂缝尖端附近所发生的断裂过程。在线弹性断裂力学中,认为材料是线弹性的,不考虑裂缝尖端的屈服问题。根据弹性理论,可求解裂缝尖端的强度因子和位移情况。

无限大平板中心的穿透性裂缝,受双向拉伸或挤压载荷时的情况即为典型 I 型张开裂缝问题。如图 2 所示,取坐标原点在裂缝中心,x 轴在裂缝面内并垂直于裂缝前缘,在无穷远处作用双向均匀拉应力 σ ,裂缝长度 $2a$ 。此时裂缝尖端附近的应力分布为式(1),位移场分布为式(2)。

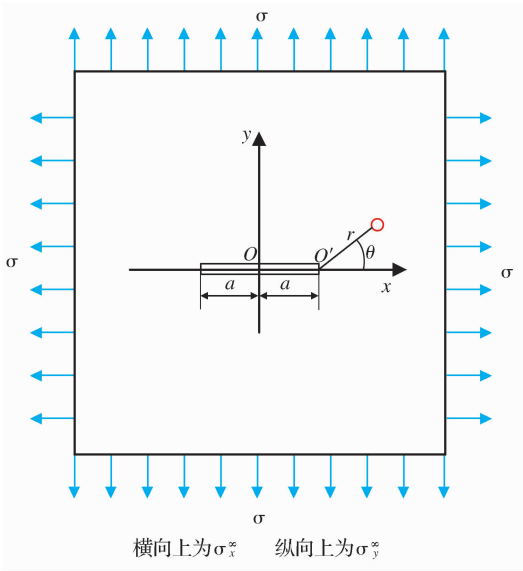


图 2 I 型裂缝问题

裂缝尖端应力分布:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{K_1}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right] \\ \sigma_y &= \frac{K_1}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left[1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right] \\ \tau_{xy} &= \frac{K_1}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

位移分布:

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{K_1}{8G} \sqrt{\frac{2r}{\pi}} \left[(2k-1) \cos \frac{\theta}{2} - \cos \frac{3\theta}{2} \right] \\ v &= \frac{K_1}{8G} \sqrt{\frac{2r}{\pi}} \left[(2k+1) \sin \frac{\theta}{2} - \sin \frac{3\theta}{2} \right] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中:应力强度因子 $K_1 = \sigma_y^\infty \sqrt{\pi a}$; $k = \frac{3-\mu}{1+\mu}$ (平面应力); $k = 3-4\mu$ (平面应变); G 为剪切弹性模量。

2 假设与力学模型

2.1 基本假设条件

- (1)假设地层岩体为弹性变形体;

(2)假设地层岩石为各向同性;

(3)假设裂缝面为光滑平面,无压力损耗;

(4)假设 2 裂缝面渗透率几乎为 0。

2.2 力学模型建立

缝洞型储层中孔、缝、洞发育,井筒附近存在着垂直缝,并且岩溶孔洞、洞穴发育,因此极有可能存在与井筒连通的不同缝洞组合方式的潜在漏失通道,缝洞组合方式一般简化为:缝—洞型(FV)、缝—洞—缝型(FVF)和缝—洞—缝—洞型(FVFFV)。根据这种特性和弹性力学理论,本研究属于平面应变问题,因此其力学模型属于平面问题的有限元力学模型,由于对称性,取其 1/4 建立有限元力学模型(图 3)。

2.3 模型边界条件

以缝—洞—缝组合模型为例(图 3b),AB 圆弧为井筒,BC 为裂缝段,CD 为洞穴段,DE 为裂缝,因为前提假设条件为裂缝面光滑几乎无压力损耗,故施加在裂缝段 BC 和 DE、溶洞段 CD 处的压力均为 P ,在 EF 和 HA 为对称约束段。FG 段施加最大有效水平地应力 P_1 ,GH 段施加最小有效水平地应力 P_2 。

2.4 储层岩石力学参数

根据塔河油田奥陶系储层段已测试的岩石力学

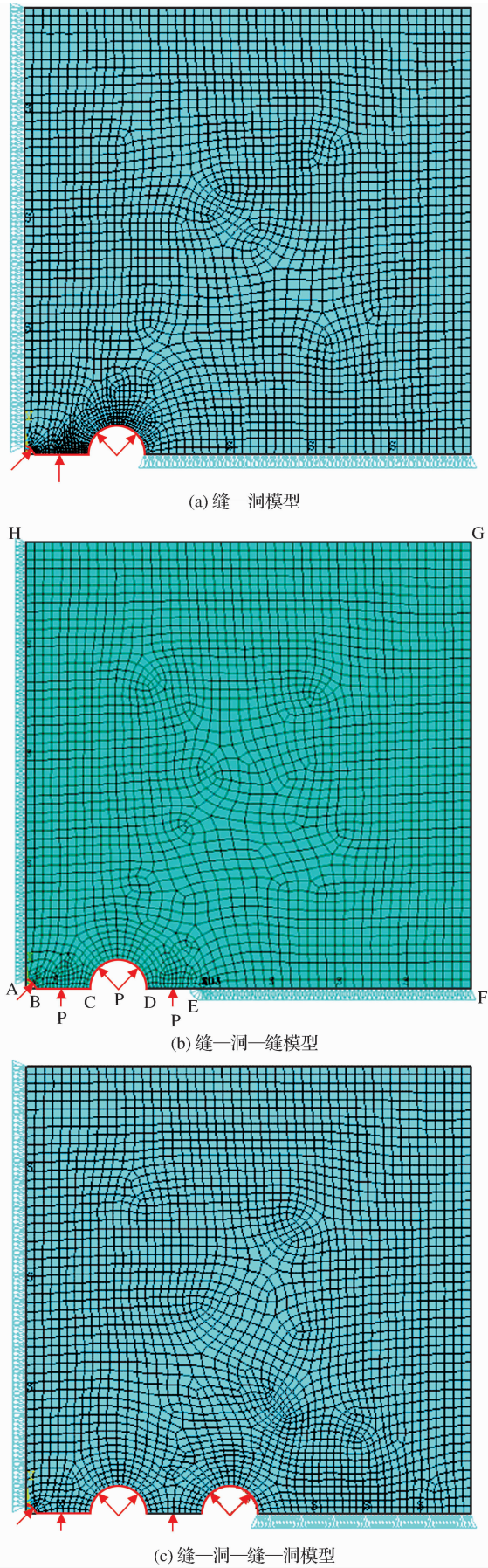


图 3 3 种缝洞组合模型有限元力学

参数数据的统计分析,某井 6 000 m 深度处地层岩石力学参数分别为:岩石弹性模量 $E = 3.06 \times 10^4 \text{ MPa}$,泊松比 $\nu = 0.32$,比奥特系数 (Biot) $\alpha = 0.8$,孔隙压力 $P_0 = 65 \text{ MPa}$,最大水平地应力 $\sigma_H = 118.5 \text{ MPa}$,最小水平地应力 $\sigma_h = 92 \text{ MPa}$ 。根据空隙弹性效应,有限元模型中有效载荷如下:最大有效水平地应力为 66.5 MPa ,最小有效水平地应力为 40 MPa ,井筒正压差 ΔP 可以通过井筒实际压力 P_0 调节大小,分析和预测裂缝宽度以及裂缝的扩展情况。

3 计算机模拟结果

设定井筒正压差分别为 3 MPa 、 5 MPa 、 7 MPa 、 10 MPa ,裂缝长度分别为 250 mm 、 500 mm 、 750 mm 、 $1\,000 \text{ mm}$,洞径分别为 50 mm 、 100 mm 、 500 mm 、 $1\,000 \text{ mm}$ 的缝—洞、缝—洞—缝及缝—洞—缝—洞 3 种模型。堵漏成功的关键是堵漏材料能够在井壁裂缝较浅深度范围内实现稳定架桥,故模拟研究注重于靠近井壁附近的裂缝宽度变化。

考虑不同洞径、不同裂缝长度的 3 种缝洞组合在不同正压差下,靠近井壁的裂缝宽度变化有限元模拟结果见表 1—表 3、图 4、图 5。由表 1—表 3 可以看出,相同洞径、相同裂缝长度条件下,3 种缝洞组合的井壁处裂缝宽度变化都呈现随井筒正压差的增大而增大的规律。在相同井筒正压差和洞径条件下,裂缝越长,其裂缝宽度变化也越大。

4 讨论

4.1 缝洞组合方式对缝宽增量的影响

不同的缝洞组合方式对其内部裂缝宽度变化有

表 1 缝—洞模型井壁处裂缝宽度变化					
洞径 /mm	裂缝长度 /mm	井壁处裂缝宽度增量/mm			
		3MPa	5MPa	7MPa	10MPa
50	250	0.05	0.08	0.11	0.16
	500	0.08	0.13	0.18	0.26
	1 000	0.14	0.24	0.34	0.48
100	250	0.06	0.09	0.13	0.18
	500	0.09	0.14	0.20	0.29
	1 000	0.15	0.26	0.36	0.51
500	250	0.12	0.20	0.28	0.39
	500	0.15	0.26	0.36	0.51
	1 000	0.23	0.38	0.53	0.76
1 000	250	0.19	0.32	0.45	0.65
	500	0.24	0.40	0.55	0.79
	1 000	0.33	0.56	0.78	1.11

表 2 缝—洞—缝模型井壁处裂缝宽度变化

洞径 /mm	裂缝长度 /mm	井壁处裂缝宽度增量/mm			
		3MPa	5MPa	7MPa	10MPa
50	250	0.07	0.12	0.16	0.23
	500	0.13	0.21	0.30	0.42
	750	0.19	0.32	0.45	0.65
	1 000	0.27	0.45	0.64	0.91
100	250	0.08	0.13	0.18	0.25
	500	0.14	0.23	0.32	0.45
	750	0.2	0.33	0.47	0.67
	1 000	0.28	0.47	0.66	0.94
250	0.13	0.22	0.31	0.45	
	500	0.2	0.33	0.46	0.66
	750	0.27	0.45	0.64	0.91
	1 000	0.37	0.61	0.86	1.22
500	250	0.13	0.22	0.31	0.45
	500	0.2	0.33	0.46	0.66
	750	0.27	0.45	0.64	0.91
	1 000	0.37	0.61	0.86	1.22
1 000	250	0.21	0.35	0.48	0.69
	500	0.28	0.47	0.66	0.94
	750	0.38	0.63	0.88	1.25
	1 000	0.50	0.84	1.18	1.68

表 3 缝—洞—缝—洞模型井壁处裂缝宽度变化

洞径 /mm	裂缝长度 /mm	井壁处裂缝宽度增量/mm			
		3MPa	5MPa	7MPa	10MPa
50	250	0.09	0.14	0.20	0.28
	500	0.15	0.25	0.35	0.51
	750	0.23	0.38	0.53	0.76
	1 000	0.32	0.54	0.75	1.08
100	250	0.10	0.17	0.23	0.34
	500	0.17	0.28	0.39	0.56
	750	0.25	0.41	0.58	0.82
	1 000	0.35	0.58	0.81	1.16
500	250	0.23	0.38	0.53	0.76
	500	0.32	0.53	0.75	1.07
	750	0.44	0.74	1.03	1.47
	1 000	0.63	1.04	1.46	2.09
1 000	250	0.45	0.75	1.05	1.50
	500	0.64	1.06	1.49	2.13
	750	1.00	1.67	2.33	3.33
	1 000	1.19	1.98	2.77	3.96

不同程度的影响,从图 5 中可以对比看出:在相同井筒正压差、洞径及裂缝长度的条件下,缝—洞—缝—洞(FV FV)模型对裂缝宽度变化影响最大,其井壁处缝宽增量在 0.28~1.08 mm 之间变动;其次为

缝—洞—缝模型,其缝宽增量介于 0.23~0.91 mm 之间;缝—洞模型对裂缝宽度变化影响最小,缝宽增量为 0.16~0.48 mm。模拟分析说明,溶洞的存在加剧了裂缝宽度变化程度,与溶洞连通较多的裂缝在井筒正压差作用下更易张开,其宽度变化更大;对于相同缝—洞组合方式而言,随着裂缝长度的增大,其对应裂缝宽度变化也越大。裂缝越长,在井筒正压差作用下,其宽度变化越大。

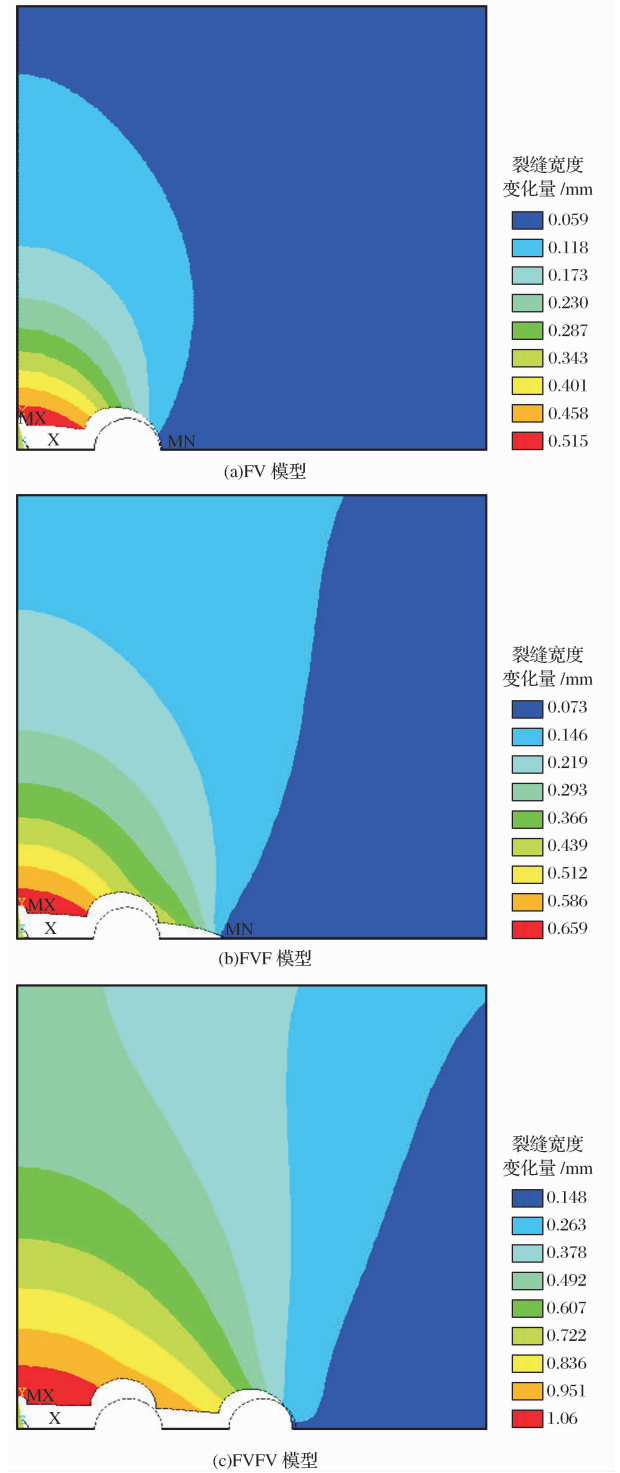


图 4 3 种缝洞组合模型裂缝宽度变化示意

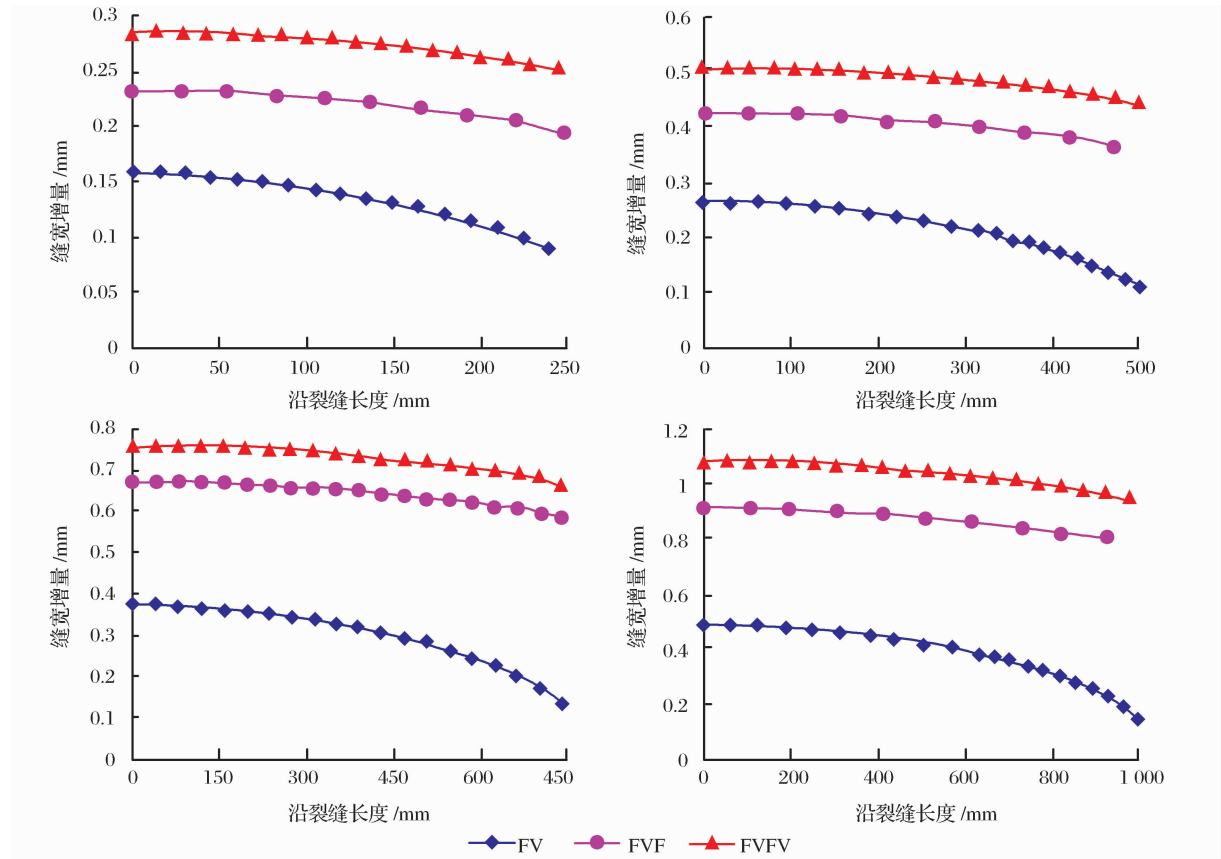


图 5 正压差 10MPa、洞径 50 mm 下不同缝洞模型裂缝宽度变化

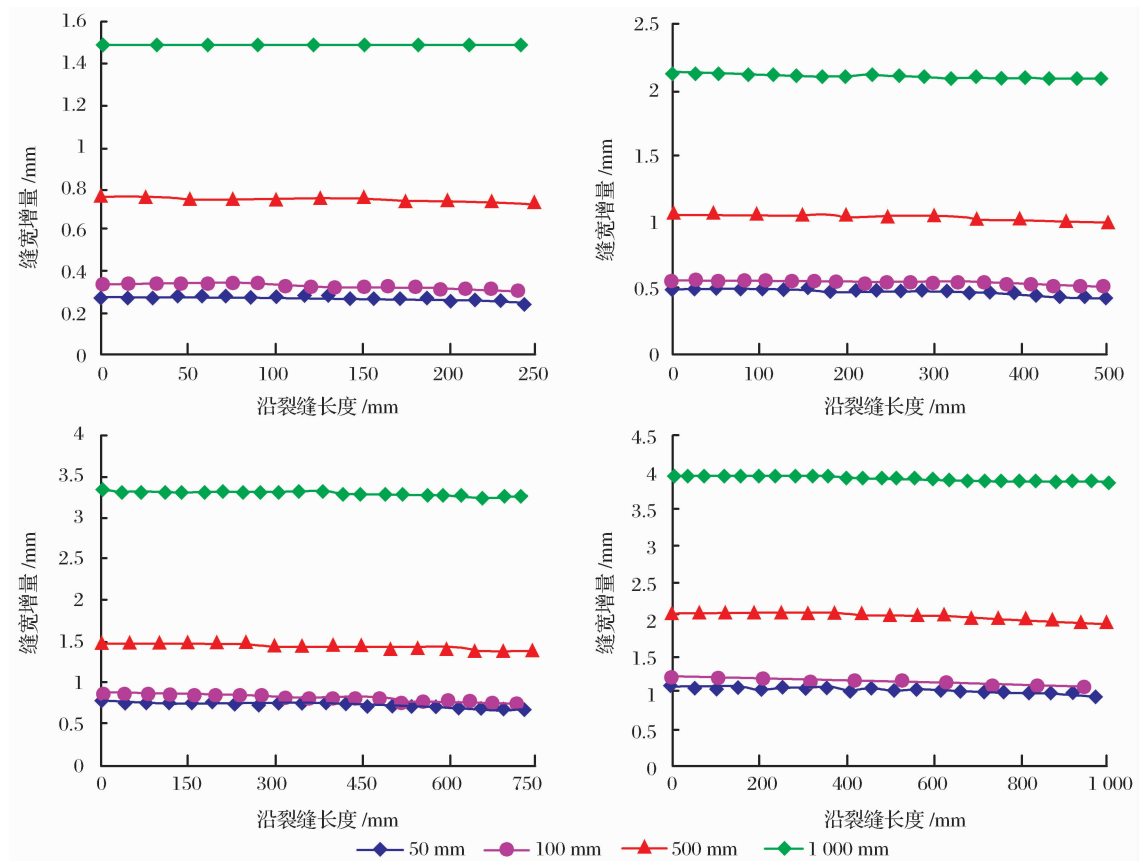


图 6 缝—洞—缝—洞模型正压差 10MPa、不同洞径下缝宽变化

4.2 洞径对缝宽增量的影响

缝洞组合模型中孔洞洞径不同,其对裂缝宽度变化影响亦不同。从图 6 中可对比看出:相同正压差和缝洞组合方式的条件下,洞径对裂缝宽度变化影响亦不同。与洞径为 50 mm 连通的裂缝,其宽度变化为 0.28~1.08 mm;洞径为 100 mm、500 mm 时的裂缝宽度变化范围分别为:0.34~1.16 mm、0.76~2.09 mm,洞径为 1 000 mm 时,对应的裂缝宽度变化范围则达到了 1.15~3.96 mm。由此可知,洞径越大,对应的缝宽增量越大,裂缝张开程度也越大。

4.3 裂缝动态宽度与漏失控制技术

地层中裂缝静态宽度一般较小,据斯麦霍夫研究,地下深处最常见的裂缝静态宽度小于 $50\mu\text{m}$ ^[17]。国内学者^[18]经分析测量岩心资料,得出超过 70% 的裂缝静态宽度小于 $200\mu\text{m}$ 。李善军等^[19]通过对塔里木盆地碳酸盐岩裂缝型储集层的大量岩心统计分析,得出裂缝孔隙度一般在 0.001%~0.5% 之间,最大为 1.2%,故而,钻井液中的微米级堵漏材料能够成功封堵静态宽度下的微裂缝。以往室内实验证明,裂缝存在着较强的应力敏感性,工程作业活动中井筒正压差变化,导致裂缝宽度发生动态变化,钻井液中原有堵漏材料的粒径与裂缝动态宽度不匹配,导致封堵裂缝不成功,引发井漏^[11-14,20-21]。对于缝洞型碳酸盐岩储层,溶洞的发育和连通性质共同影响裂缝宽度变化,使裂缝更易发生变化,且变化范围更大。上述模拟结果表明,溶洞、井筒正压差影响下的裂缝动态宽度在毫米级范围内,最大可达到 4 mm,原有钻井液中的堵漏材料粒径与裂缝动态宽度不匹配,不能在裂缝内实现架桥,导致堵漏失效,引发严重的井漏事故。因此,钻井过程中应考虑地层溶洞的发育及连通性质对裂缝动态宽度的影响,重视裂缝宽度变化范围,在钻井过程中向钻井液中随钻加入广谱性毫米级堵漏材料,使堵漏颗粒粒径与裂缝动态宽度范围匹配,以保证能够在宽度变化的裂缝中实现稳定架桥,达到堵漏目的。

5 结论

(1)基于有限元法及 ANSYS 软件模拟,并考虑塔河油田缝洞型碳酸盐岩地层岩石力学参数,建立了 3 种缝洞组合方式的有限元数值模拟模型。

(2)裂缝宽度变化随钻井正压差的增大而增大。相同井筒正压差、缝洞组合及洞径条件下,裂缝越长,裂缝宽度变化越大;溶洞越发育,洞径越大,其裂

缝宽度变化越大。

(3)裂缝动态宽度变化规律为钻井液堵漏材料设计及漏失控制技术提供了理论依据。

参考文献:

- [1] Kang Yili, Zhang Hao, Chen Yijian, *et al.* Comprehensive research of tight sandstones gas reservoirs stress sensitivity in Daniudi gas field[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2006, 17(3): 335-338. [康毅力, 张浩, 陈一健, 等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田致密砂岩气层应力敏感性综合研究[J]. *天然气地球科学*, 2006, 17(3): 335-338.]
- [2] He Jian, Kang Yili, Liu Dawei, *et al.* The stress sensitivity research on porous and fractured porous carbonate reservoirs [J]. *Drilling & Production Technology*, 2005, 28(2): 84-86. [何健, 康毅力, 刘大伟, 等. 孔隙型与裂缝—孔隙型碳酸盐岩储层应力敏感性研究[J]. *钻采工艺*, 2005, 28(2): 84-86.]
- [3] Zhang Hao, Kang Yili, Chen Yijian, *et al.* Influence of the rock components and fractures on tight sandstone stress sensitivity [J]. *Natural Gas Industry*, 2004, 24(7): 55-57. [张浩, 康毅力, 陈一健, 等. 岩石组分和裂缝对致密砂岩应力敏感性影响[J]. *天然气工业*, 2004, 24(7): 55-57.]
- [4] Du Xinlong, Kang Yili, You Lijun, *et al.* Controlling factors of stress sensitivity in low-permeability reservoirs [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2010, 21(2): 295-299. [杜新龙, 康毅力, 游利军, 等. 低渗透储层应力敏感性控制因素研究[J]. *天然气地球科学*, 2010, 21(2): 295-299.]
- [5] Lian Zhanghua, Kang Yili, Tang Bo, *et al.* Prediction of vertical fracture widths near borehole face of the wall [J]. *Natural Gas Industry*, 2003, 23(3): 44-46. [练章华, 康毅力, 唐波, 等. 井壁附近垂直裂缝宽度预测[J]. *天然气工业*, 2003, 23(3): 44-46.]
- [6] Lian Zhanghua, Kang Yili, Xu Jin, *et al.* Stress analysis on fracture and near wellbore [J]. *Journal of Southwest Petroleum Institute*, 2001, 23(3): 37-39. [练章华, 康毅力, 徐进, 等. 裂缝面及井眼附近的应力分析[J]. *西南石油学院学报*, 2001, 23(3): 37-39.]
- [7] Lian Zhanghua, Kang Yili, Xu Jin, *et al.* Predicting fracture width by finite element numerical simulation [J]. *Natural Gas Industry*, 2001, 21(3): 47-51. [练章华, 康毅力, 徐进, 等. 裂缝宽度预测的有限元数值模拟[J]. *天然气工业*, 2001, 21(3): 47-50.]
- [8] Li Xianchen, Kang Yili, Zhang Hao, *et al.* Computer modeling of the changes in width of two vertical fractures in tight sand connected to borehole [J]. *Drilling Fluid and Cementing Fluid*, 2007, 24(4): 57-59. [李相臣, 康毅力, 张浩, 等. 致密砂岩与井筒连通 2 条垂直裂缝宽度变化的计算机模拟[J]. *钻井液与完井液*, 2007, 24(4): 55-59.]
- [9] Zhang Hao, Kang Yili, Chen Yijian, *et al.* Deformation theory and stress sensitivity of tight sandstones reservoirs [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2004, 15(5): 482-486. [张浩, 康毅力, 陈一健, 等. 致密砂岩油气储层岩石变形理论与应力敏感性[J]. *天然气地球科学*, 2004, 15(5): 482-486.]
- [10] Tang Xialan, Zhang Hao, Li Xiuyu, *et al.* Computer simulation

- of fracture width variation in tight sandstones reservoir and its application[J]. *Drilling & Production Technology*, 2010, 33(3):26-28. [汤夏岚, 张浩, 李显玉, 等. 致密储层钻井完井过程井筒裂缝宽度变化预测及其应用[J]. 钻采工艺, 2010, 33(3):26-28.]
- [11] Yan Fengming, Kang Yili, Li Song, *et al.* Simulated experiment on stress sensitivity in fractured-vuggy reservoir[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2010, 21(3):489-493, 507. [闫丰明, 康毅力, 李松, 等. 裂缝-孔洞型碳酸盐岩储层应力敏感性实验研究[J]. 天然气地球科学, 2010, 21(3):489-493, 507.]
- [12] Kang Yili, Yan Fengming, You Lijun, *et al.* Loss and control in vugular reservoir formations in block Tahe[J]. *Drilling Fluid & Cementing Fluid*, 2010, 27(1):41-43. [康毅力, 闫丰明, 游利军, 等. 塔河油田缝洞型储层漏失特征及控制技术实践[J]. 钻井液与完井液, 2010, 27(1):41-43.]
- [13] Hong Wang, Ronald Sweatman, Bob Engelman, *et al.* Best Practice in Understanding and Managing Lost Circulation Challenges[C]. SPE 95895, Presented at the 2005 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, 9-12 October, 2005.
- [14] Kang Yili, You Lijun. Practices of Formation Damage Control for Deep Fractured Tight Gas Reservoir in Western Sichuan Basin[C]. SPE 131323, Presented at the CPS/SPE International Oil & Gas Conference and Exhibition in China held in Beijing, China, 8-10 June 2010.
- [15] Li Shiyu, He Taiming, Yin Xiangchu, *et al.* Introduction of Rock Fracture Mechanics[M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2010: 43-50. [李世愚, 和泰名, 尹祥础, 等. 岩石断裂力学导论[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2010:43-50.]
- [16] Lian Zhanghua. Computer Aided Engineering[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004:177-182. [练章华. 现代 CAE 技术与应用教程[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004:177-182.]
- [17] Simaihu E M. Basic Theory and Techniques of Fractured Reservoir Exploration[M]. Chen Dingbao, Zeng Zhiqiong, Wu Liyun Translated. Beijing: Petroleum Industry Press, 1985: 22-25. [E. M. 斯麦霍夫著. 裂缝性油气储集层勘探的基本理论与方法[M]. 陈定宝, 曾志琼, 吴丽芸, 译. 北京: 石油工业出版社, 1985:22-25.]
- [18] Bai Songzhang. Development of Carbonate Buried Hill Reservoir[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 54-62. [柏松章. 碳酸盐岩潜山油田开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996:54-62.]
- [19] Li Shanjun, Wang Hanming, Xiao Chengwen, *et al.* Quantitative interpretation of fracture porosity in carbonates[J]. *Well Logging Technology*, 1997, 21(3):205-214. [李善军, 汪涵明, 肖承文, 等. 碳酸盐岩地层中裂缝孔隙度的定量解释[J]. 测井技术, 1997, 21(3):205-214.]
- [20] Rosalind Archer. Impact of Stress Sensitive Permeability on Production Data Analysis[C]. SPE 114166, Presented at the 2008 SPE Unconventional Reservoirs Conference held in Keystone, Colorado, U. S. A. , 10-12 February 2008.
- [21] Wang Yezhong, Kang Yili, Zhang Hao, *et al.* Responses of carbonate stress sensitivity to loading time under effective pressure[J]. *Drilling & Production Technology*, 2007, 30(3):105-107. [王业众, 康毅力, 张浩, 等. 碳酸盐岩应力敏感性对有效应力作用时间的响应[J]. 钻采工艺, 2007, 30(3):105-107.]

ANSYS Simulation of Fracture Width Variation in Fracture-cavity Reservoirs

LI Song, KANG Yi-li, LI Da-qi, YOU Li-jun, LIAN Zhang-hua

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

Abstract: Computer simulations of a single or set of fractures were conducted previously, and the effects of cavities on fracture width variation were hardly concerned. In this paper, we established a finite element model of fracture width variation for different fracture-cavity groups according to the finite element method of fracture mechanics and computer simulation, and discussed 3 types of fracture-cavity groups models related with fractured/caved carbonate reservoirs in Tahe oilfield. The relationships among the fracture width, length, positive differential pressure and cavity development were probed. The simulation results showed that, the fracture width increment increased with the increasing of the positive differential pressure; under the same positive differential pressure, the fracture width increment increased with the growing of fracture length; and the occurrence of cavities intensified the fracture width variation. The richer the cavities porosity was, the bigger the fracture width increment was; the growing of fracture width increment was coming with the increasing of cavity radius. The computer simulation of fracture width variation can provide a theoretical basis for choosing suitable lost circulation materials and improving lost control technologies.

Key words: Computer simulation; Fracture-cavity reservoir; Cavity; Fracture dynamic width; Fracture width increment.