

文章编号:0253-9985(2010)02-0255-05

孤岛中一区聚合物驱后储层参数变化规律

何胡军¹,王秋语²,程会明²(1. 成都理工大学 能源学院,四川 成都 610059; 2. 中国石油化工股份有限公司
胜利油田分公司 地质科学研究院,山东 东营 257015)

摘要:利用孤岛中一区注聚区注聚前和见聚后两口取心井岩心分析化验资料,对比讨论储层经过长期注聚开发后物性参数变化规律。通过分析认为,储层经过长期注入聚合物后,使一部分小喉道变大,孔隙之间的畅通性进一步变好,孔隙迂曲程度减小。在储层微观参数上表现为最大孔喉半径、平均孔喉半径和孔喉半径中值的增加,排驱压力和汞饱和50%压力的减小,变异系数减小,均值系数增加。在宏观参数上则表现为渗透率的增加,储层渗透性变好,而孔隙度变化值在误差允许的范围基本不变。

关键词:物性参数;聚合物驱;孔隙结构;渗透率;孤岛中一区;济阳坳陷

中图分类号:TE357.4 **文献标识码:**A

A study on reservoir parameter changes after polymer injection in Block 1 of the central Gudao

He Hujun¹, Wang Qiuyu², and Cheng Huiming²(1. College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 6180059, China;
2. Geological Scientific Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China)

Abstract: By using the core analysis data before polymer injection and after polymer breakthrough from two wells in the polymer-injection area of Block 1, the central Gudao, the change patterns of reservoir parameters after a long-term polymer drive are compared and discussed. It is suggested that the long-term polymer drive has resulted in enlarging some small pore throats, improving the communication among pores and reducing pore tortuosity in the reservoirs. For the microscopic parameters of the reservoirs, the maximum, average, and normal pore-throat radiuses increased, the expulsion pressure, the mercury 50% saturation pressure and the variation coefficient decreased, and the mean coefficient rised. For the macroscopic reservoir parameters, the permeability was enhanced, and the porosity variation was within the range of allowable error.

Key words: petrophysical parameter, polymer drive, pore texture, permeability, Block1 in the central Gudao, Jiyang Depression

聚合物驱油是三次采油技术中一种重要的和比较成熟的技术。聚合物水溶液注入地层,在加水相粘度使水相渗透率减小、控制水淹层段中水相的流度、改善水油流度比、调整吸水剖面、提高波及体积提高采收率的同时,聚合物溶液由于

携带和吸附作用,从而引起储层的物性参数也发生相应变化。前人主要利用岩心样品在室内进行模拟注聚试验的基础上讨论注聚后储层物性参数的变化规律。吴文祥^[1](2002年)和朱健^[2](2007年)根据室内注聚模拟试验结果认为聚合物驱后,

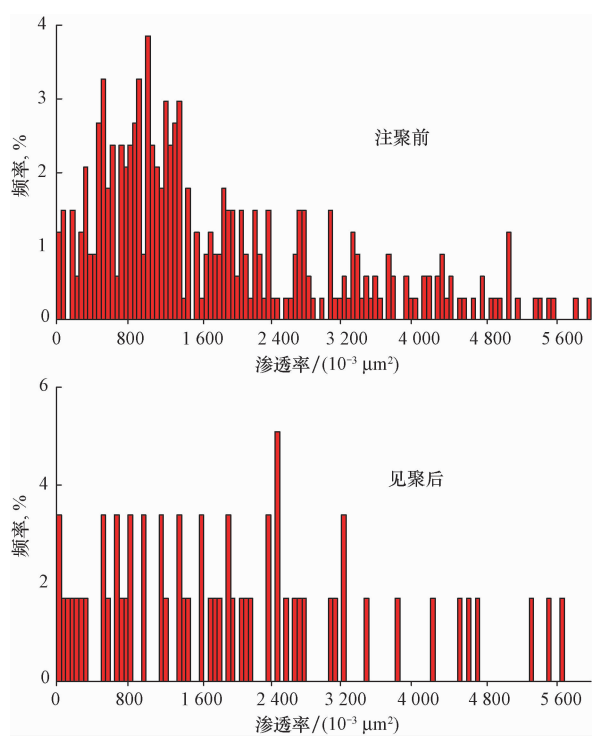


图2 孤岛中一区注聚前和见注聚后渗透率分布直方图

Fig. 2 Histogram showing the permeability distribution observed before polymer injection and after polymer breakthrough in Block 1, the central Gudao

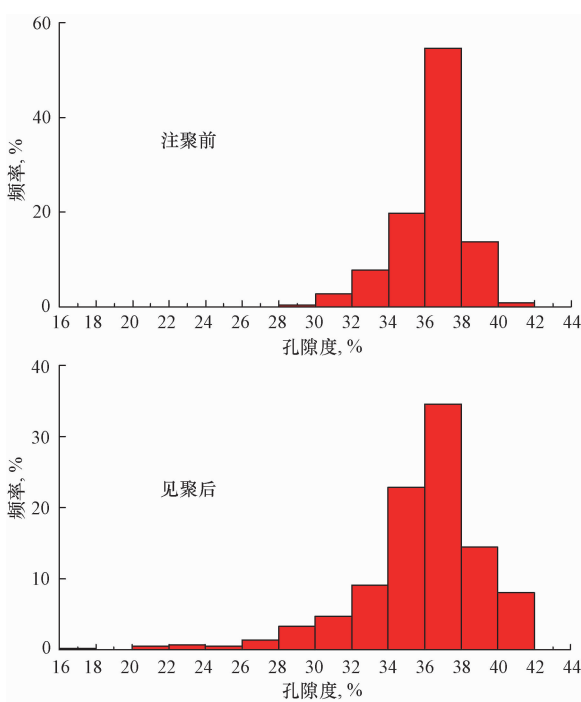


图3 孤岛中一区注聚前和见注聚后孔隙度分布直方图

Fig. 3 Histogram showing the porosity distribution observed before polymer injection and after polymer breakthrough in Block 1, the central Gudao

表2 孤岛中一区注聚前、后各流动单元储层物性对比

Table 2 Comparison and changes of petrophysical parameters of each reservoir flow unit before and after polymer injection in Block 1, the central Gudao

流动单元	阶段	孔隙度		渗透率		泥质含量	
		样品数/个	平均值, %	样品数/个	平均值/ (10 ⁻³ μm ²)	样品数/个	平均值, %
馆 3 ³	注聚前	62	33.0	55	1 448.0	31	8.9
	见聚后	51	36.5	14	1 903.8	19	8.7
馆 3 ⁴	注聚前	45	36.6	37	3 328.3	24	6.6
	见聚后	54	37.2	12	3 862.8	23	3.3

对馆3层的馆3³和馆3⁴两个流动单元注聚前后宏观参数进行统计分析(表2),注聚开发后,馆3³和馆3⁴孔隙度、渗透率、泥质含量和注聚前相比,孔隙度和渗透率相对增大,渗透率增加幅度达20%以上,孔隙度增加幅度小于5%,在岩心分析室内试验允许的误差范围之内。泥质含量减小,减小幅度达10以上。

3 孔隙结构参数变化特征

储层的孔隙结构主要指油气层岩石孔隙的构成,包括岩石孔隙的大小、形状、内壁粗糙程度、相

互连通情况、孔隙类型及其构成方式^[4~7]。孔隙孔喉半径、连通性、以及均质程度是最主要的孔隙结构特征。压汞资料能较好地反映储层的孔隙结构和孔喉特征。利用压汞资料对注聚前和见聚后储层的平均孔喉半径、孔喉半径中值、最大孔喉半径、岩性系数、均质系数、最终进汞饱和度及排驱压力等参数进行了比较。通过比较分析认为,孤岛中一区随着长期的注聚进行,储层孔隙之间的畅通性进一步变好,孔隙的迂曲程度减小,孔隙非均值降低。

对比孤岛中一区注聚前和见聚后储层微观参数(表3,图4),最大孔喉半径增加6.128 μm,平

表 3 孤岛中一区注聚前和见聚后储层微观参数对比

Table 3 Comparison of microscopic reservoir parameters before polymer injection with those after polymer breakthrough in Block 1,the central Gudao

阶段	样品数	排驱压力/ MPa	汞饱和度 50%时压 力/MPa	平均孔 喉半径/ μm	变异 系数	最大汞 饱和度, %	结构 系数	最大孔 喉半径/ μm	汞饱和度 50%时孔 喉半径/μm	均质 系数	特征 结构 系数
注聚前	10	0.093 8	0.911 9	2.733	0.7	65.38	2.0	7.842	0.807	0.3	0.658
见聚后	10	0.052 7	0.172 2	5.032	0.6	84.33	1.7	13.970	4.271	0.4	0.958

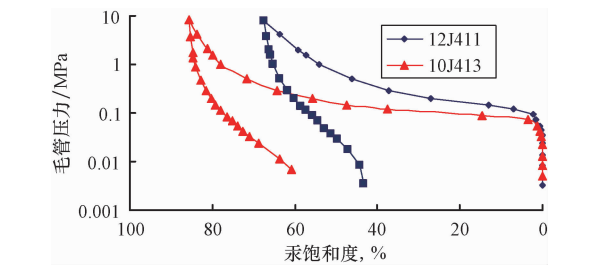


图 4 孤岛中一区注聚前和见聚后毛管压力曲线对比
Fig.4 Comparison of the reservoir capillary pressure curve before polymer injection with that after polymer breakthrough in Block 1,the central Gudao

均孔喉半径值增加 2.299 μm,孔喉半径中值增加 3.464 μm,排驱压力减小 0.041 1 MPa,汞饱和度 50%时压力减小 0.739 7 MPa;说明在长期聚合物冲刷过程中,由于聚合物溶液对地层的改造作用和对微粒的搬运作用,使一部分小喉道变大,孔隙之间的畅通性进一步变好。变异系数降低 0.136;均值系数增加 0.006。变异系数的减小和均值系数的增加,进一步说明孔隙迂曲程度减小。

4 注聚后储层参数变化原因分析

聚合物驱过程中,在注入水中加入水溶性高分子聚合物,一方面由于注入介质的变化,聚合物可通过化学吸附和机械捕集而在多孔介质内发生滞留,造成孔道过流断面减小、液流阻力增加,对储层渗透率产生影响。但当聚合物分子尺寸即线团回旋半径与岩石孔道半径中值相匹配时,聚合物在多孔介质内不会发生堵塞现象,对渗透率影响相对变小^[8~11]。

另一方面,由于聚合物的注入改变了地下储层中的岩石颗粒之间渗流的流体性质,在流动过程会对储层的孔喉网络进行改造。同时由于地下流体中聚合物的加入,使其携带能力进一步增

强。地下流体携带能力的增强,主要是由于聚合物分子缠结作用的增强,引起表观粘度增加,从而使平行于主流线的拉动力增加。聚合物分子量越大,聚合物分子缠结越严重,它在孔隙中的流动阻力就越大,表观粘度越大,因此聚合物溶液在孔隙中的表观粘度反映了它的缠结程度,故表观粘度越大,“拉、拽”作用越强,对于泥质和粘土矿物的携带能力越强。随着注聚开发的长期进行,地下储层中的泥质被带出地层,储层中泥质含量降低^[7,11]。

从图 5 可以看出,孤岛中一区馆 3 层渗透率和泥质含量有很好的负相关性,随泥质含量的减小少,渗透率增大。孤岛中一区随着长期的注聚开发,虽然聚合物在一定程度上对储层孔隙有堵塞作用,但辩证的来说,聚合物的堵塞对渗透率的影响相对于泥质的携带出地层对渗透率的影响作用小。因此孤岛中一区馆 3 层由于聚合物的注入,虽然使渗透率减小,但同时由于对泥质携带能力增强,孔隙中的更多泥质被聚合物溶液带出地层,使一部分小喉道变大,孔隙之间的畅通性进一步变好,孔隙迂曲程度减小,孔隙结构变好,使渗透率仍有增大趋势。

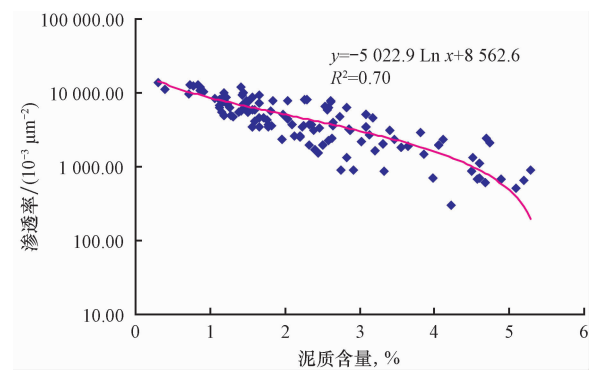


图 5 孤岛中一区渗透率与泥质含量交汇图
Fig.5 Crossplot of permeability and clay content of the reservoirs in Block 1,the central Gudao

5 结论

孤岛中一区长期注入聚合物后,使地下流体携带能力增强,对泥质和粘土矿物的携带能力越强,并将其携带出地层,使泥质和粘土矿物含量减小,在储层微观参数上表现为最大孔喉半径、平均孔喉半径和孔喉半径中值的增加,排驱压力和汞饱和和50%压力的减小,变异系数减小,均值系数增加,使孔隙结构特征发生了变化。在宏观参数上则表现为渗透率的增加,储层渗透性变好。

参 考 文 献

1 吴文祥,刘洋. 聚合物驱后岩心孔隙结构变化特性研究[J]. 油田化学,2002,19(3):253~256

2 朱健,刘伟利,李兴,等. 聚合物驱后储层物性参数的变化特征[J]. 油气地质与采收率,2007,14(4):65~67

3 申本科,王瑞峰,张辉,等. 聚合物驱前后储层含油性与渗透性

(上接 243 页)

4) 利用本文建立的数学模型和计算程序,能够较好的模拟火山岩气藏考虑启动压力梯度时的实际生产开发过程。

参 考 文 献

1 童敏,周雪峰,胡永乐,等. 考虑岩石变形的火山岩气藏数值模拟研究[J]. 西南石油学院学报,2006,28(4):44~47

2 袁士义,冉启全,徐正顺等. 火山岩气藏高效开发策略研究[J]. 石油学报,2007,28(1):73~77

3 张人玲. 江苏油田MQ火山岩油藏开发技术政策研究[J]. 石油与天然气地质,2004,25(5):586~591

4 李凡华,刘慈群. 含启动压力梯度的不定常渗流的压力动态分析[J]. 油气井测试,1997,6(1):1~4

5 曹宝军,李相方,姚约东. 火山岩气藏开发难点与对策[J]. 天然气工业,2007,27(8):82~84

(上接 254 页)

9 张吉昌,刘月田,丁燕飞,等. 裂缝各向异性油藏孔隙度和渗透率计算方法[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2006,30(5):62~66

10 张帆,贺振华. 预测裂隙发育带的构造应力场数值模拟技术[J]. 石油地球物理勘探,2000,35(2):154~163

11 李淑恩,张绍辉,岳奎,等. 构造应力场数值模拟分析技术及其应用[J]. 油气地质与采收率,2001,8(6):38~40

12 王毅,宋岩,单家曾. 构造应力在油气运聚成藏过程中的作用[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):563~571

变化特征试验研究[J]. 石油天然气学报,2006,28(4):128~130

4 何更生. 油层物理[M]. 北京:石油工业出版社,2006

5 张立娟,岳湘安,任国友,等. 黏弹性聚合物溶液在油藏盲端孔隙中的流动特性[J]. 石油勘探与开发,31(5):105~108

6 宋万超,孙焕泉,孙国,等. 油藏开发流体动力地质作用[J]. 石油学报,2002,23(3):52~55

7 张岩,岳峰,汪正勇,等. 聚合物驱解堵增注技术研究与应用[J]. 海洋石油,2005,25(4):44~50

8 赖南君,叶仲斌,陈洪,等. 低张力体系改善低渗透油藏水驱渗流特征实验[J]. 石油与天然气地质,2007,28(4):520~522

9 王步娥,郑惠光. 改善稠油渗流变性的试验[J]. 石油与天然气地质,2005,26(3):370~373

10 任娇. 孤岛油田聚合物驱水淹层测井解释方法[J]. 油气地质与采收率,2009,16(02):64~66

11 Mohammand R, Juergen R, Guenter P, et al. Quantification and Optimization of Viscoelastic Effects of Polymer Solutions for Enhanced Oil Recovery [J]. SPE,1992,25,154

(编辑 高岩)

6 于金珠,唐亚会. 复杂低渗气藏气井试井评价方法探讨[J]. 大庆石油地质与开发,2008,27(4):82~85

7 Jones F O, Owens W. A laboratory study of low permeability gas sands[J]. SPE 7551,1980

8 Kutilek M. Fundamentals of transport phenomena in porous media [M]. New York:Elsevier Publishing Company Amsterdam,1972

9 Sampath K, Keighin C, William C. Factors affecting gas slippage in tight sandstones [J]. SPE 9872,1982

10 周志军,李菁,刘永建,等. 低渗透油藏渗流场与应力场耦合规律研究[J]. 石油与天然气地质,2008,29(3):391~396

11 郭肖,伍勇. 启动压力梯度和应力敏感效应对低渗透气藏水平井产能的影响[J]. 石油与天然气地质,2007,28(4):539~543

12 依呷,唐海,吕栋梁. 低渗气藏启动压力梯度研究与分析[J]. 海洋石油,2006,26(3):51~54

(编辑 高岩)

13 谭成轩,王连捷. 三维构造应力场数值模拟在含油气盆地构造裂缝分析中应用初探[J]. 地球学报,1999,20(4):392~394

14 丁原辰,邵兆刚. 测定岩石经历的最高古应力状态试验研究[J]. 地球科学-中国地质大学学报,2001,26(1):99~104

15 丁原辰. 声发射法古应力测量问题讨论[J]. 地质力学学报,2000,6(2):45~52

16 卢颖忠,黄智辉,管志宁. 用常规测井资料识别裂缝发育程度的方法[J]. 测井技术,2000,24(6):428~432

(编辑 董立)