

聚合物驱矿场应用新技术界限研究与应用

刘朝霞,王 强,孙盈盈,高 明,刘皖露,王正波

(中国石油勘探开发研究院 提高石油采收率国家重点实验室,北京 100083)

摘要:为了明确聚合物驱技术的适用性,通过对比中外10个聚合物驱技术界限及关键参数的取值,分析了影响聚合物驱效果的关键因素,主要包括油藏温度、地层水矿化度及二价阳离子质量浓度、原油粘度、油藏渗透率及非均质性等。以中国聚合物驱矿场应用油藏参数分布区域为中心,以聚合物驱技术界限中的边界值为界限,按照不同比例矿场实例所在的参数区间建立了5级技术界限参数序列。利用建立的聚合物驱技术界限对中外6个油藏进行聚合物驱方法筛选,青海E油藏筛选综合评分仅为2.125分,低于方法适用评分(3分),建议在该区不采用聚合物驱技术;其余5个油藏评分都高于3分,可采用聚合物驱技术。大庆L油藏和SZ36-1油藏的聚合物驱评分结果与矿场试验效果一致,采收率分别提高了11.88%和3.62%。因此,新建立的聚合物驱技术界限可用于评价和对比不同区块的聚合物驱适用性。

关键词: 聚合物驱 技术界限 提高采收率 参数序列 适用性

中图分类号: TE357.431

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2014)02-0022-03

中外大部分老油田开发已逐渐进入中后期,油藏普遍进入高含水、高采出程度阶段,急需开展三次采油技术研究以进一步稳定产量、提高采收率。化学驱是主要的三次采油技术之一,其中聚合物驱已在中国大庆、胜利、新疆及大港等油区开展了大规模矿场应用,平均提高采收率12%左右^[1],起到了控水增油的作用。随着聚合物驱的推广及应用,中外建立了多个聚合物驱矿场应用技术界限,均以油藏参数的单一数值为界限,如油藏温度的界限为93℃^[2],即油藏温度超过该界限时,就认为该油藏不适用聚合物驱。但随着聚合物驱技术的进步,这些参数的界限会发生变化,同时当油藏参数在界限内时,仍无法明确聚合物驱技术的适用性;例如当2个油藏的温度都小于93℃时,无法确定哪个油藏更适合聚合物驱。因此,笔者通过对比分析中外现有的聚合物驱矿场应用技术界限,广泛调研已实施化学驱矿场应用的油藏参数分布,建立了一套新的聚合物驱矿场应用技术界限和参数分级序列,以期为中外油田快速开展聚合物驱方法筛选和适应性研究提供参考。

1 聚合物驱开发效果影响因素

调研了中外聚合物驱矿场应用技术界限^[3-10],

技术界限的制定主要考虑聚合物驱技术当时的适用条件,其含义为:当油藏参数超过界限值时,聚合物驱在该油藏不适用。为避免设定的参数取值范围过窄而导致具有开发潜力的油藏在评价中被遗漏,将调研的技术界限中各参数最宽范围的取值设定为该参数的边界值,即当油藏参数值超过边界值时,认为该油藏不适用聚合物驱技术(表1)。

从油藏的角度出发,影响聚合物驱开发效果的关键因素主要包括油藏温度、地层水矿化度及二价阳离子质量浓度、原油粘度、油藏渗透率及非均质性等^[11]。

油藏温度 油藏温度主要影响聚合物溶液的增粘性能,油藏温度越高,聚合物降解越快,增粘效果越差。油藏温度太低,细菌的活动通常更加活跃,应考虑聚合物细菌降解问题。

地层水矿化度及二价阳离子质量浓度 聚丙烯酰胺类聚合物本身具有盐敏性,地层水矿化度增加或二价阳离子质量浓度增加,聚合物在岩石表面的吸附量增大,使得聚合物溶液的有效质量浓度降低,粘度下降。同时,由于水中离子与聚合物分子链上的离子之间的排斥力增大,聚合物分子伸展的能力大大降低,导致溶液粘度下降。

原油粘度 原油粘度低时,水驱采收率高,聚合物驱提高采收率幅度不大;随着原油粘度的增

收稿日期:2013-12-13。

作者简介:刘朝霞,女,工程师,博士,从事油藏工程及提高采收率方面的研究。联系电话:(010)83592944,E-mail:liuzhaoxia@petrochina.com.cn。

基金项目:中国石油科技管理部“十二五”重大科技项目“三次采油提高采收率技术研究”(2011B1308)。

表1 聚合物驱技术界限的对比

研究者或研究区	地层原油粘度/(mPa·s)	原油相对密度	地层水矿化度/(mg·L ⁻¹)	二价阳离子质量浓度/(mg·L ⁻¹)	油藏埋深/m	油藏温度/℃	渗透率/10 ⁻³ μm ²	渗透率变异系数	储层岩性	其他
Taber ^[2]	10~150	<0.966			<2 743	<93	>10砂岩 >5碳酸盐岩		砂岩 碳酸盐岩	
杨承志 ^[3]	<60	<0.9	<10 000		<2 500	<75	>50	0.6~0.75	砂岩	
Henson ^[4]	0.02~190	<0.96			240~1 534	<100	>7			
孙焕泉 ^[5]	20~100		<6 000				>20	0.5~0.8		
Kuwait ^[6]	<150	>0.85	<100 000	<1 000		<70	>50			无底水和气顶
Thomas ^[7]	<35	<0.87	<20 000	<500	<2 743	<65.5	>100		砂岩	无边水和气顶
刘玉章 ^[8]	20~100		<6 000			<70	>20	0.5~0.8	砂岩	
江苏油田 ^[9]	<200	<0.9	<10 000	<500	<2 500	<93	>200	0.75~0.95	砂岩	
江苏油田交联聚合物驱 ^[9]	<200	<0.9	<10 000	<500	<2 500	<105	>50	0.75~0.95	砂岩	
Bourdarot ^[10]	<150	<0.97	<20 000	<5 000		<93.3	>10			
边界值	<200	<0.97	<100 000	<5 000	<2 743	<105	>10	0.5~0.95		

加,聚合物溶液质量浓度和用量增加,对于油层的注入能力及经济效益均有一定的影响;当原油粘度高于一定值时,很难通过聚合物驱改善流度比,聚合物驱则不适用。

渗透率及非均质性 对渗透率较低的油层进行聚合物驱时,由于注入能力低,注入压力上升较快,会延长注入周期。油层相对均质,水驱开发效果好,聚合物驱提高采收率幅度低;而油层非均质性强,超过了聚合物驱流度调整能力,聚合物驱效果会变差。油层渗透率变异系数存在最优范围,一般来讲,聚合物驱更适用于正韵律油藏。

对于聚合物驱矿场应用的每项关键参数均存在较好的取值范围,因此需将各项关键参数进行分级设定。

2 技术界限的制定

1996年至今,中国在大庆、胜利、大港、新疆等

油区开展了聚合物驱工业化试验,取得成功,平均提高采收率12%。收集了自1996年以来中外成功开展聚合物驱矿场试验的油藏参数^[11-31]。在中国,化学驱的应用规模和占三次采油产量的比例都高于其他国家,因此以中国聚合物驱矿场应用油藏参数分布区域为中心,以聚合物驱技术界限中的边界值为界限,按照不同比例矿场实例所在的参数区间建立了5级技术界限参数序列。

技术界限参数分级方法为:①将50%矿场实例对应的油藏参数分布区域划分为1级,即最适用;②将1级以外,80%矿场实例对应的参数分布区域之内的部分划分为2级,即较适用;③将2级以外,矿场实例对应的油藏参数边界以内的区域划分为3级,即一般适用;④将3级以外,油藏参数界限值以内的区域划分为4级,即较差;⑤将油藏参数界限值以外的区域划分为5级,即差或不适用。按照技术界限的制定思路和方法,建立了聚合物驱矿场应用分级技术界限的参数序列(表2)。

表2 聚合物驱分级技术界限参数序列

等级(赋值)	地层原油粘度/(mPa·s)	原油相对密度	地层水矿化度/(mg·L ⁻¹)	二价阳离子质量浓度/(mg·L ⁻¹)	油藏埋深/m	油藏温度/℃	渗透率/10 ⁻³ μm ²	渗透率变异系数
好(5)	10~30	0.82~0.88	<8 000	<100	800~1 200	40~65	500~1 500	0.6~0.7
较好(4)	5~10或30~50	0.88~0.92	8 000~12 000	100~200	600~800或1 200~1 800	30~40或65~75	200~500或1 500~2 500	0.55~0.6或0.7~0.75
一般(3)	3~5或50~100	0.92~0.95	12 000~30 000	200~500	400~600或1 800~2 200	20~30或75~85	100~200或2 500~4 000	0.5~0.55或0.75~0.85
较差(2)	1~2或100~200	0.95~0.97	30 000~100 000	500~2 000	300~400或2 200~3 000	10~20或85~105	10~100或4 000~5 000	0.85~0.95
差(1)	<1或>200	>0.97	>100 000	>2 000	<300或>3 000	<10或>105	<10或>5 000	>0.95

3 实例应用

利用建立的聚合物驱技术界限对中外6个油藏进行了聚合物驱方法筛选,将每个参数的评分进行加权平均得到各油藏聚合物驱的综合评分。由筛

选结果(表3)可知:青海E油藏筛选综合评分仅为2.125分,低于方法适用评分(3分),建议该区不应应用聚合物驱技术;其余5个区块评分都高于3分,适合聚合物驱。

参与评价的SZ36-1油藏在2003年实施了聚合物驱单井试验,截至2006年2月试验井区累积增油

表3 中外6个油藏聚合物驱筛选结果

油藏	地层原油粘度/ (mPa·s)	原油相 对密度	地层水矿化 度/(mg·L ⁻¹)	二价阳离子质 量浓度/(mg·L ⁻¹)	油藏埋深/ m	油藏温度/ ℃	渗透率/ 10 ⁻³ μm ²	渗透率 变异系数	综合 评分
青海E油藏	1.76	0.841	160 000	2 548	3 860	126	45	0.7	2.125
厄瓜多尔M油藏	8.5	0.84	15 500	270	2 118	88	3 847	0.605	3.5
冀东G油藏	90.34	0.957	2 650	150	1 850	64	1 530	0.74	3.75
苏丹H油藏	19	0.875	4 903	260	1 615	80	2 745	0.72	4
SZ36-1油藏	70	0.969	18 000	621	1 300~1 500	65	1 240	0.76	3.38
大庆L油藏	9.3	0.859	5 611	14	983	42.4	679	0.65	5

量为23 000 m³,提高采收率3.62%^[32];大庆L油藏聚合物驱试验提高采收率11.88%。评分越高的油藏越适合聚合物驱,且现场试验效果也较好。由此可见,新建立的聚合物驱技术界限可用于评价和对比不同区块的聚合物驱适用性。

4 结束语

通过对比分析中外聚合物驱技术界限和总结聚合物驱技术的进步,确定了聚合物驱矿场应用的技术界限边界值;通过分析影响聚合物驱开发效果的主要因素,以边界值为界限,按照中外聚合物驱矿场应用实例油藏参数分布规律,建立了5级技术界限参数序列和评分依据。

应用新技术界限参数序列评价了中外6个油藏聚合物驱的适用性:青海E油藏评分最低,为2.125分,不适合聚合物驱;其他5个区块评分均高于3分,可采用聚合物驱技术开发。参与评价的SZ36-1和大庆L油藏均开展了聚合物驱矿场试验,试验效果与评分结果一致:评分为5的大庆L油藏提高采收率较高,为11.88%;SZ36-1油藏评分为3.38,提高采收率为3.62%。

新建的聚合物驱矿场应用技术界限及分级序列能反映聚合物驱技术适应性,同时量化的评价结果可用于聚合物驱矿场应用的排序研究和规划部署等。

参考文献:

[1] 廖广志,牛金刚,邵振波,等.大庆油田工业化聚合物驱效果及

主要做法[J].大庆石油地质与开发,2004,23(1):48-49.

- [2] Taber J J, Martin F D, Seright R S. EOR screening criteria revisited-Part I: Introduction to screening criteria and enhanced recovery field projects [J]. SPE Reservoir Engineering, 1997, 12(3): 189-198.
- [3] 杨承志. 化学驱提高石油采收率[M]. 北京:石油工业出版社, 1999:59.
- [4] Henson R, Todd A, Corbett P. Geologically based screening criteria for improved oil recovery projects [C]. Tulsa, Oklahoma: Society of Petroleum Engineers Inc., 2002.
- [5] 孙焕泉. 聚合物驱油技术[M]. 东营:石油大学出版社, 2002: 230.
- [6] Al-Bahar M A, Merrill R, Peake W, et al. Evaluation of IOR potential within Kuwait [C]. Abu Dhabi, United Arab Emirates: Society of Petroleum Engineers, 2004.
- [7] Thomas S. Chemical EOR: The past, does it have a future? [C]. SPE Distinguished Lecture Series, 2006.
- [8] 刘玉章. 聚合物驱提高采收率技术[M]. 北京:石油工业出版社, 2006:73.
- [9] 王康月,张永红. 江苏油田三次采油方法筛选及主攻方向[J]. 小型油气藏, 2006, 11(1): 37-40.
- [10] Bourdarot G, Ghedan S G. Modified EOR screening criteria as applied to a group of offshore carbonate oil reservoirs [C]. Abu Dhabi, UAE: Society of Petroleum Engineers, 2011.
- [11] 苏建栋, 黄金山, 邱坤态, 等. 改善聚合物驱效果的过程控制技术——以河南油区双河油田北块H3IV1—3层系为例[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(2): 91-94, 98.
- [12] 顾永强, 解保双, 魏志高, 等. 孤东油田聚合物驱工业化应用的主要做法及效果[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(6): 89-92.
- [13] 颜捷先. 胜利油区聚合物驱油技术的实践与认识[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(3): 1-3.
- [14] 李振泉. 孤岛油田中一区特高含水期聚合物驱工业试验[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(2): 119-121.

(下转第31页)