

Study and Application of Sand Control Technology in Polymer Injection Zone

Xiangfeng Xu

Tianjin Dagang Oil Field Fifth Oil Extraction Plant Technology Research Institute, Tianjin
Email: xuxiangfeng1020@foxmail.com

Received: Aug. 24th, 2017; accepted: Sep. 5th, 2017; published: Sep. 12th, 2017

Abstract

Dagang Oilfield has entered the middle and high water cut development period, and the application of polymer flooding technology will be more and more extensive. However, at present, there are some prominent problems in the polymer injection zone, such as serious sand production in the polymer injection well and the decrease of the liquid amount after the sand control in the beneficial well. The effect of sand control is not ideal, and the effect of the polymer flooding zone is seriously restricted. By optimizing the sand control process of polymer flooding, the problem of sand production in the injection zone has been effectively solved, and good results have been achieved in field applications, resulting in better economic and social benefits.

Keywords

Tertiary Oil Recovery, West Harbor Oilfield, Polymer, Sand Control Technology

注聚区防砂工艺技术研究与应用

许向峰

天津市大港油田第五采油厂工艺研究所, 天津
Email: xuxiangfeng1020@foxmail.com

收稿日期: 2017年8月24日; 录用日期: 2017年9月5日; 发布日期: 2017年9月12日

摘要

大港油田目前已经进入中高含水开发期, 聚合物驱油技术应用将越来越广泛。但是目前注聚区存在的较为突出的问题, 注聚见效并出砂严重, 受益井防砂后液量下降, 防砂效果不理想, 严重的制约注聚区的效果[1]。通过对聚合物驱防砂工艺的优选, 有效的解决了注聚区出砂严重的问题[2], 并在现场的应用

中取得较好的效果，产生了较好的经济效益和社会效益。

关键词

三次采油，港西油田，聚合物，防砂工艺

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

港西油田三次采油是中国石油三次采油技术的发源地，是大港油田聚合物驱油实施最早、规模最大、效果最好的油田，截止目前港西油田聚合物驱占港西油田总储量的 34.2%，注入井 130 口占总注水井的 37.5%，受益油井 303 口占总油井的 40.8%。可见，聚合物驱油技术已在港西油田广泛应用并形成了较大规模。

由于港西注聚区出砂严重，油井需要防砂生产，目前应用的防砂工艺主要有两种：矩形缝割缝管和梯形缝割缝管防砂工艺[3]，因聚合物的产出导致受益油井出砂加剧，砂堵现象严重，使用周期短，防砂后油井出现液量下降，产量下降的情况，同时油井低液生产[4] [5]，难以形成聚合物的有效驱替，影响聚驱效果。针对注聚区存在的问题，港西油田有必要开展注聚区防砂工艺技术研究，通过防砂工艺技术的提升，释放聚区潜能，保证聚区效果，使港西油田的三次采油工作再上一个台阶。

目前注聚区油井防砂工艺存在的问题：一是缺乏出砂机理研究；二是防砂措施没有针对性。大港油田实施注聚的区块有 12 个，分布在一、二、三、五、六厂，港西油田占大港油田实施储量的 42.5%。因此，港西油田注聚区的防砂技术的研究与应用将给其它的采油厂的注聚提供借鉴。

2. 注聚区受益井防砂生产现状

由于港西具有地层疏松、易出砂的特点，聚合驱 84.5%的受益油井防砂生产，但生产过程中易出现堵塞现象。港西二区自 2013 年注聚以来，出现了防砂油井见效后液量普遍下降的现象，严重遏制了聚驱效果的发挥。统计 26 口防砂见效井，有 16 口井的液量下降，占总井数的 61.5%。液量由 398 方下降到 217 方，下降 181 方见图 1。

如：西 39-12 井生产层位 Nm II 6，液量由初期的 24 方下降到目前 8.9 方。周围邻井补开该层，关井井口压力达 9.0 MPa，说明该层能量充足，分析为割缝管堵塞造成液量下降，低液生产见图 2。

注聚区见效后油井出砂普遍加剧，出砂井增多，因此分析导致注聚区出砂加剧的机理以及注聚区防治砂的技术难点非常关键，我们对防治砂工艺进行了优选及改进，为注聚区的防治砂提供了方向。

3. 注聚区防砂井堵塞机理研究

3.1. 注聚区出砂机理研究

聚合物浓度产出越高，出砂越严重，加剧出砂。

从图 3 中可以看出，流体粘度增加，油井临界出砂流速会明显变小，携砂、悬砂能力增强，出砂量明显增加。携带运移地层微粒数量增多。

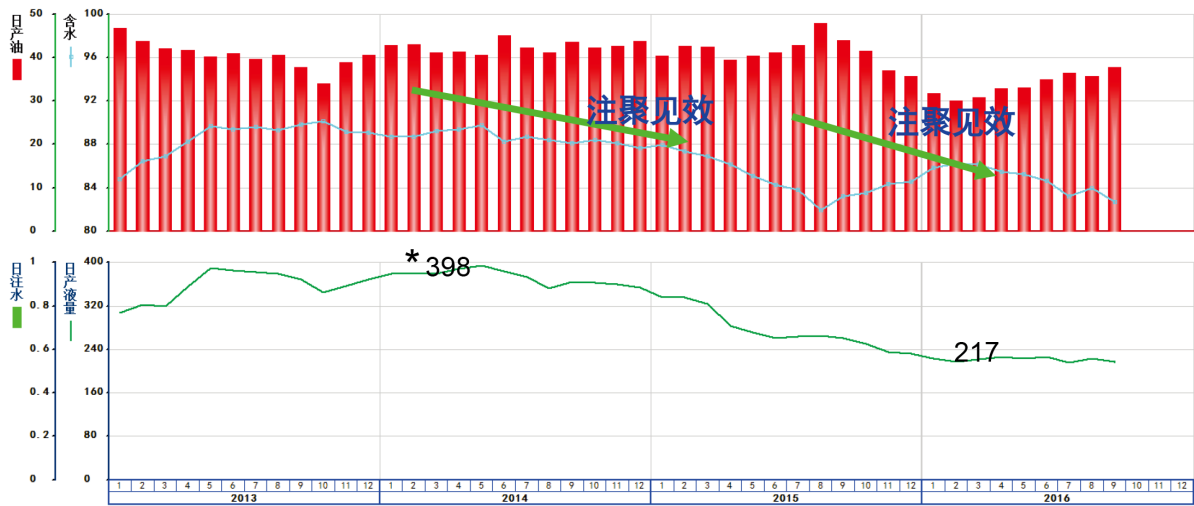


Figure 1. Comprehensive production curve of sand control well
图 1. 防砂见效井液量下降综合生产曲线

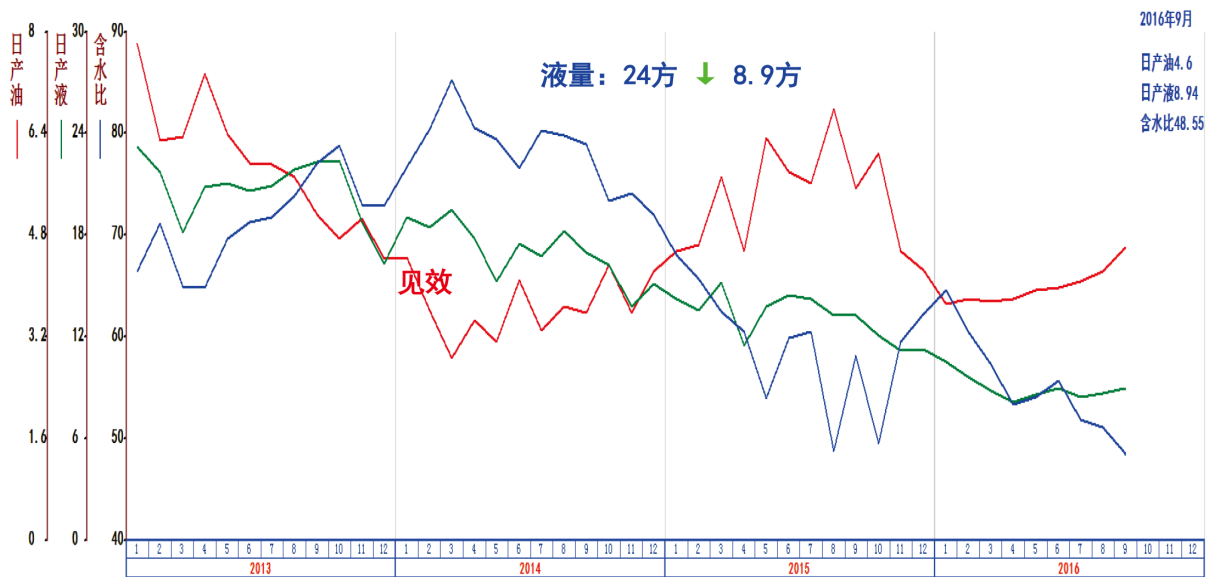


Figure 2. West 39-12 Integrated production curve
图 2. 西 39-12 综合生产曲线

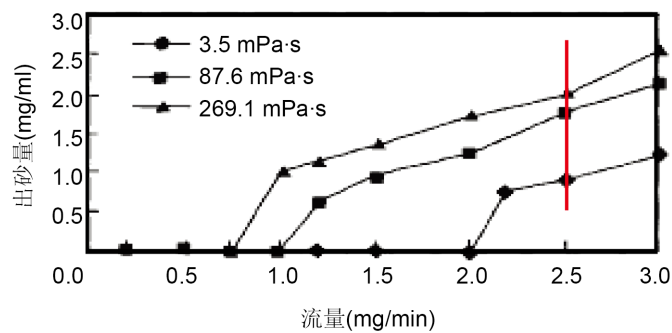


Figure 3. Sand displacement by different viscosity fluids
图 3. 不同粘度流体驱替出砂量

聚合物溶液在地层流动过程中的拖曳携带、离子交换、润湿效应等作用，导致了更多地层微粒的运移见图 4。

3.2. 注聚区防砂井堵塞机理研究[6]

3.2.1. 卤水结晶堵塞

2014年8月，对防砂后明显堵塞的西40-18井的产出液进行了水样分析(见表1)，通过室内残渣量实验测试，单纯卤水残渣量 > 卤水 + 单种水样残渣量 > 卤水 + 两种水样残渣量；聚合物残渣量与以上卤水液体残渣量相比，残渣量较低。分析认为西40-18井卤水结晶导致地层堵塞[3]。

3.2.2. 地层微粒运移堵塞

2015.6.30日作业过程中起出原井割缝管后发现筛管内堵塞，起出堵塞物化验加入5%清洗剂1小时后堵塞物逐渐溶解，充分浸泡后杯底沉淀，清洗剂变浑浊，沉淀后杯底主要是泥砂的混合物。结果显示：西40-18井堵塞主要因为聚合物携带地层泥质成分吸附在筛管导致堵塞(见图5)。

3.2.3. 聚合物吸附堵塞

采用显微镜、氧化铝色谱柱对充填砂和返排沉降砂表面附着物组分分析。

原始充填砂：表面光滑，没有附着物；

返排沉降砂：表面吸附了大量的胶冻状或块状黑色附着物，而且该附着物在冲砂过程中不易脱落。

覆聚物主要成分：饱和烃、芳香烃和聚合物，聚合物比例占42.11%(见表2)。

3.2.4. 聚合物产出增多加大携带砂量堵塞

防砂施工完成后，地层流体形成固定的渗流通道，地层流体携带地层砂稳定排出，当地层聚合物浓度突然增加，导致地层流体携砂量增大，从而堵塞目前固定的渗流通道，导致地层产液量下降，再次形成稳定渗流通道[7]，导致部分注聚受益井防砂后存在短时间内液量下降现象(见表3)。

4. 改进防砂工艺

4.1. 完成新型防砂支撑剂材料研究

通过特殊涂层及工艺处理形成了新型支撑剂，石英砂在运输过程中易吸附粉尘，防砂后进入储层，减低渗透率，新型支撑剂采用特殊涂层及工艺处理，避免粉尘吸附性(见表4)。

4.1.1. 导流能力

从图6可以看出短期导流能力覆膜支撑剂在闭合应力较低10 MPa时，短期导流能力与石英砂相近，闭合应力大于20 MPa时，导流能力高于石英砂。石英砂和覆膜支撑剂长期导流能力初期下降较快，随着承压时间的延长逐渐降低；同等条件下覆膜支撑剂依然优于石英砂(见图6)。

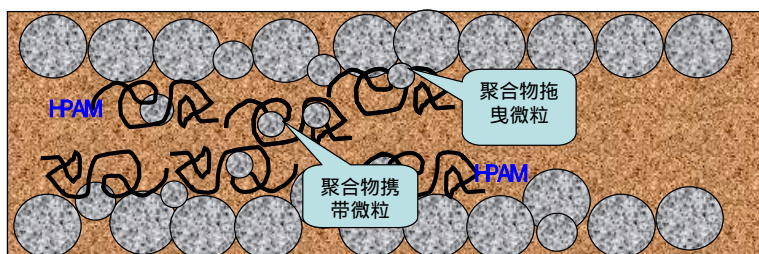


Figure 4. The polymer carries sand in the formation Sketch Map

图 4. 聚合物在地层中携砂示意图

Table 1. West 40-8 well water analysis**表 1.** 西 40-18 井水样分析

序号	配制水样名称	烧杯质量 g	烘后总质量 g (烧杯 + 样品)	残渣量 g/L
1	地层水 + 卤水(瑞昌)	31.0748	34.5086	343.38
2	地层水 + 卤水(百龙)	31.1846	34.6104	342.58
3	聚合物(新)+ 地层水 + 卤水(瑞昌)	34.1751	36.4274	250.3
4	聚合物(新)+ 地层水 + 卤水(百龙)	26.739	28.872	237
5	聚合物(新)+ 卤水(瑞昌)	26.6835	30.8226	413.91
6	聚合物(新)+ 卤水(百龙)	40.4305	44.2898	385.93
7	聚合物(旧)+ 地层水 + 卤水(瑞昌)	33.0768	35.1111	226.03
8	聚合物(旧)+ 地层水 + 卤水(百龙)	39.7402	41.9649	247.2
9	聚合物(旧)+ 卤水(瑞昌)	59.6353	63.0718	343.65
10	聚合物(旧)+ 卤水(百龙)	23.4116	26.7872	337.56
11	聚合物(新)	40.5875	40.6679	8.04
12	聚合物(旧)	36.5858	36.6544	6.86
13	卤水(瑞昌)	31.07	39.87	880
14	卤水(百龙)	34.18	42.56	838
15	聚合物(旧)+ 地层水	26.68	26.75	7
16	聚合物(新)+ 地层水	33.08	33.15	7

Table 2. Data sheet for analysis of filling sand and flowback sand**表 2.** 充填砂和返排沉降砂分析数据表

饱和分	芳香分	胶质	沥青质	聚合物
%	%	%	%	%
30.21	17.32	9.87	0.49	42.11

Table 3. Polymer injection well benefit slotted pipe sand reduction statistics**表 3.** 注聚受益井割缝管防砂后液量下降统计表

区块	压裂充填防砂井数	液量下降 30%时间					
		6 个月以内	占比	6~12 个月	占比	12 个月以上	占比
注聚受益井	32	5	15.63%	1	3.13%	26	81.25%

Table 4. Comparison table of quartz sand and new proppant parameters**表 4.** 石英砂与新型支撑剂参数对比表

参数	指标	
	石英砂	新型支撑剂
圆度	>0.6	>0.8
球度	>0.6	>0.8
破碎率	12 MPa	1.80%
	21 MPa	12.60%
	28 MPa	15.80%
导流能力($\mu\text{m}^2\cdot\text{cm}$)	12 MPa	120
	21 MPa	75
	28 MPa	62
吸附性	运输过程中易吸附粉尘, 防砂后进入储层, 减低渗透率	特殊涂层及工艺处理, 避免粉尘吸附性。

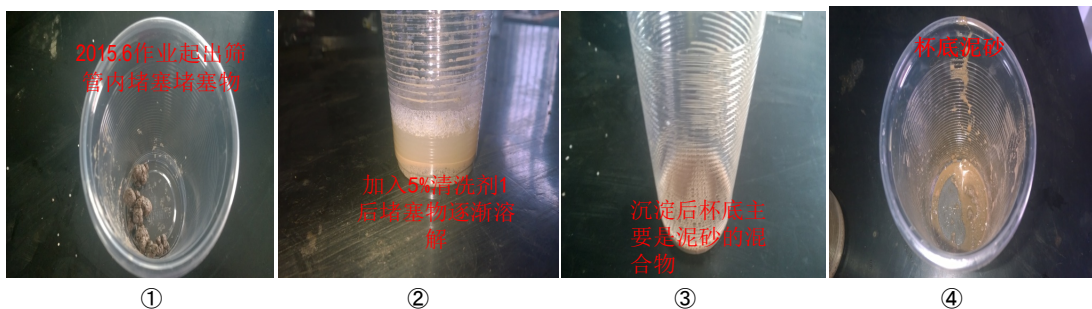


Figure 5. West 40-8 well sampling analysis pictures
图 5. 西 40-18 井取样分析图片

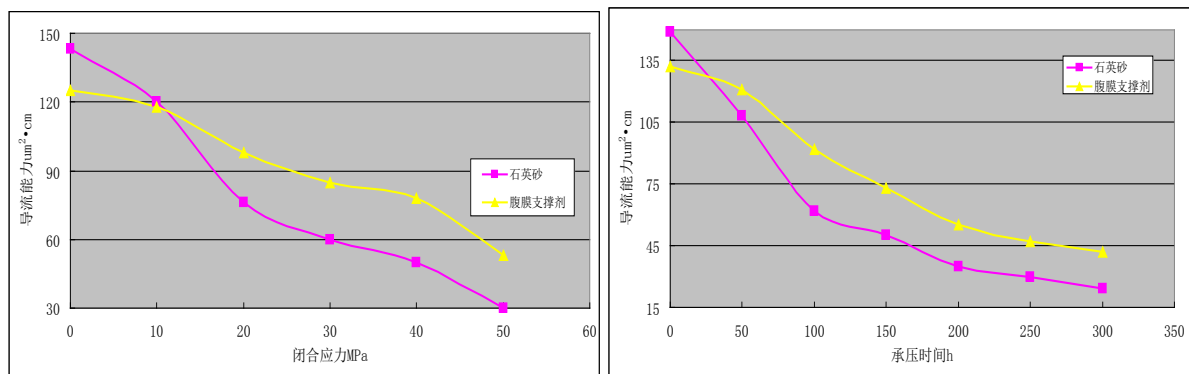


Figure 6. Diversion capacity experiment
图 6. 导流能力实验

4.1.2. 吸附能力

实验结果表面，同等浓度条件下，覆膜支撑剂对聚丙烯酰胺的静态吸附量为石英砂的二分之一左右，随着聚丙烯酰胺浓度增加，静态吸附量趋于饱和(见图 7)。

4.1.3. 配伍性测试

在 30℃ 条件下，覆膜支撑剂在目前携砂液体系 2% KCL 基液 + 0.2% 改性低残渣瓜胶 + 1.0% A26 防膨剂 + 0.2% ZP-2 助排剂体系中静置 24 h 后，携砂液粘度与 PH 值无变化，无絮状物及沉淀物生成，携砂液性能保持稳定。具有较好配伍性。

综合认为新型覆膜支撑剂因其具有圆球度高、破碎率低的性能，同时其导流能力高，吸附聚合物低于石英砂的特性，防砂后能有效保持近井地带渗透率，延缓堵塞时间，延长高效期。

4.2. 完成新型复合缝研究

复合缝缝型的加工采用复合加工方法，先用激光加工出梯形缝，最后用数控旋压机床将梯形缝旋压成复合缝(见图 8)。整个加工过程自动化控制，加工精度高。复合割缝筛管防砂工艺是一种既有抗磨损能力又具有的“过滤自洁”能力的复合割缝筛管及其砾石充填防砂工艺，同时其各项性能指标明显好于目前的矩形缝割缝管和梯形缝割缝管。

4.2.1. 抗堵塞性能

实验结果表面，随着驱替时间的增加，复合缝割缝管驱替压力明显下降，与梯形缝筛管相当，且远远小于矩形缝割缝管，抗堵塞性能更好(见图 9)。

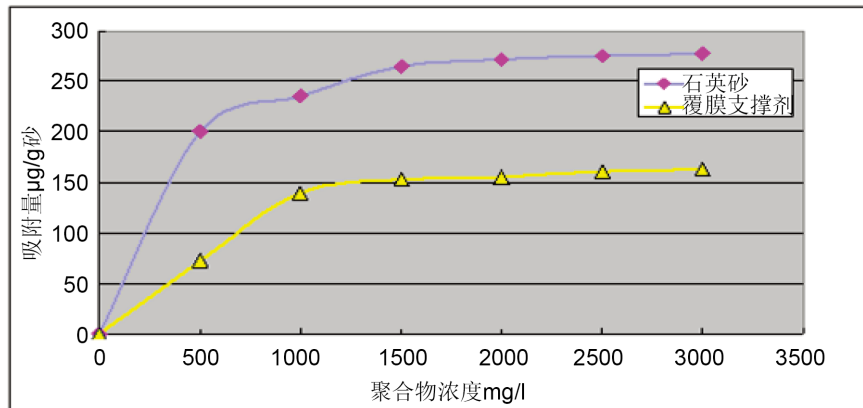


Figure 7. Adsorption polymer (HPAM) ability test
图 7. 吸附聚合物(HPAM)能力测试

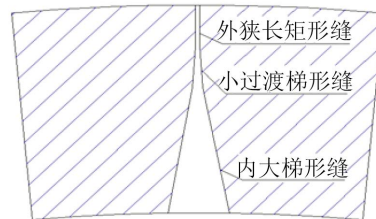


Figure 8. Sketch map of composite seam screen
图 8. 复合缝筛管示意图

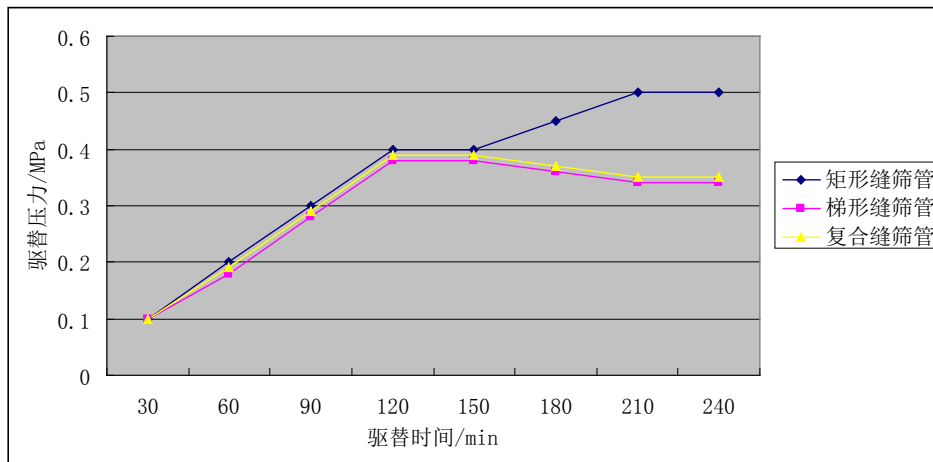


Figure 9. Anti-clogging performance
图 9. 抗堵塞性能

4.2.2. 流通性能

随着驱替时间延长, 复合缝渗透率下降相对梯形缝合矩形缝较少, 维持稳定时渗透率更高, 复合缝有更好的流通性能(见图 10)。

4.2.3. 档砂性能

随着驱替时间延长, 复合缝割缝管出砂要明显小于矩形缝割缝管, 与梯形缝割缝管相当, 具有更好的档砂性能(见图 11)。

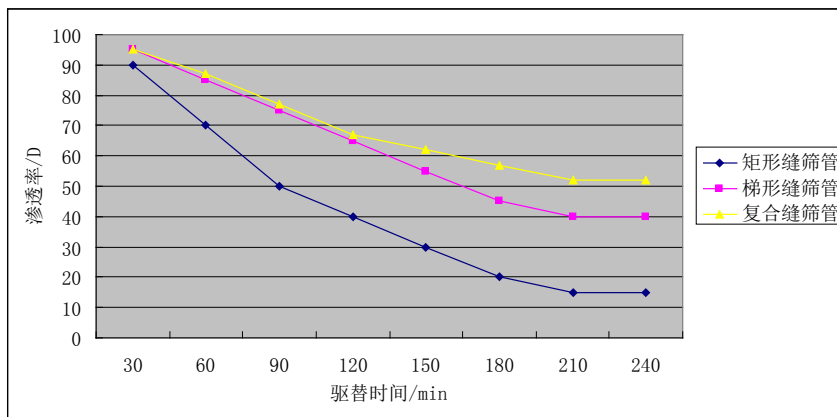


Figure 10. Flow performance evaluation curve
图 10. 流通性能评价曲线

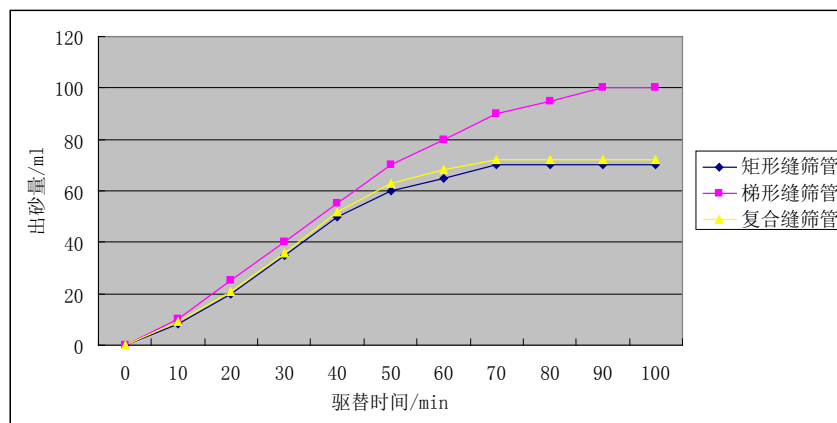


Figure 11. Sand retention performance evaluation curve
图 11. 挡砂性能评价曲线

4.2.4. 不同类型防砂工艺对比

1) 指标对比

从筛管的抗堵塞性能、流通性能、挡砂性能三个指标综合考虑，复合缝筛管的综合挡砂性能要优于梯形缝筛管和矩形缝筛管。

2) 优缺点对比

矩形缝筛管防砂技术砂堵现象严重，使用周期短，割缝尺寸受加工工艺的影响，不能保证与任何砾石匹配，加工时费时耗资。梯形缝筛管防砂技术抗磨损能力差，缝宽易变大，造成防砂失效；流阻大，采油能耗较高。

复合割缝筛管防砂工艺是一种既有抗磨损能力又具有的“过滤自洁”能力的复合割缝筛管及其砾石充填防砂工艺，同时其各项性能指标明显好于目前的矩形缝割缝管和梯形缝割缝管。

对矩形缝、梯形缝和新型复合缝在不同情况下的流阻进行分析，总结出了相应的规律关系，并优化了新型复合缝腔的结构形状，该种新型缝具有流阻小、抗磨损能力强等优点。

4.3. 使用优质压井液保护层

以廉价的“卤水”为基液，采用特殊的高分子材料增粘、降滤失，减少浸入储层的滤液量，减轻“卤

水中钙镁离子”不配伍造成储层损害。其密度在 1.30~1.40 g/cm³ 之间, API 滤失量低于 ≤ 20 mL, 成本较甲酸盐体系降低 40%~60%。

5. 现场试验

根据生产井的实际情况, 选择了复合缝 + 石英砂 + 优质压井液、复合缝 + 新型石英砂 + 清水、复合缝 + 石英砂 + 卤水 + 氮气返排、复合缝 + 石英砂 + 卤水四种不同组合方式进行现场试验, 取得了显著效果。

5.1. 先导试验

从图 12 中可以看出, 应用不同的防砂工艺其效果不同, 其中复合缝效果最为理想。

5.2. 推广应用

防砂新工艺推广应用 13 口, 其中复合筛管防砂工艺应用 11 口, 复合筛管+新型石英砂 2 口。3 口井应用优质压井液, 日增液量 270 方, 日增油能力 49 吨, 截止到 2016.12 月底累计增油 4855 吨(见表 5)。

5.3. 改善开发效果

通过注聚区防砂工艺技术的研究与应用, 注聚区取得明显的效果, 各项指标得到改善, 保证注聚效果[8]。

- 1) 防砂高效期由 166 天提高到 421 天, 延长 255 天;
- 2) 日产液量由 1266 方提升到 1550 方, 日增液量 284 方;
- 3) 自然递减由 16%降到 9.1%, 下降 6.9%;

从综合生产曲线看, 注聚区开发趋势变好, 日产增油 30 吨, 综合含水下降 1.7 个百分点(见图 13)。进一步提高了聚驱开发效果[9]。

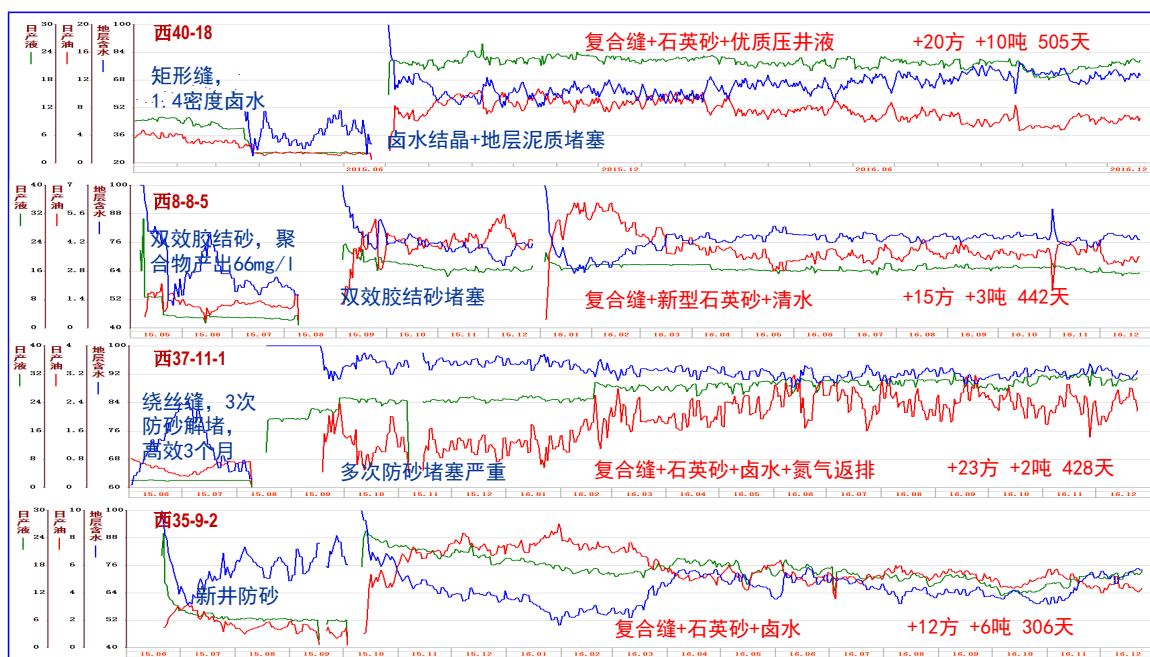


Figure 12. Production curve of different sand control technology wells

图 12. 应用不同防砂工艺井生产曲线

Table 5. Summary table of sand control well effect in injection zone
表 5. 注聚区防砂井效果汇总表

区 块 序 号	井 号	措 施 内 容	实 施 时 间	防 砂 工 艺	措 施 前				2016年11月				对 比		累 计 增 油 量 (t)
					日 产 液 量 (m ³)	日 产 油 量 (t)	综 合 含 水 率 (%)	日 产 液 量 (m ³)	日 产 油 量 (t)	综 合 含 水 率 (%)	日 产 液 量 (m ³)	日 产 油 量 (t)	综 合 含 水 率 (%)	日 产 油 量 (t)	
1	西 4-10-1	补层防砂	2016.1.30	复合缝筛管	0	0	/	52	0.78	98.5	52	0.78	/	230.3	
2	西 36-10-1	重防解堵	2016.1.14	复合缝筛管	2.85	0.62	78.3	18.3	2.73	85.1	15.45	2.11	6.8	586	
3	西 1-13-1	重防解堵	2016.1.03	绕丝筛管	4.1	0.66	83.9	31.4	3.71	88.2	27.3	3.05	4.3	1209	
4	西 1-12-4	大修防砂	2016.1.02	复合缝筛管	0	0	0	16.1	2.6	83.7	16.1	2.6	83.7	1034.2	
5	西 36-9-4	补层防砂	2016.6.27	复合缝筛管 + 新型石英砂	30.2	1.15	96.2	12.2	1.39	88.6	-18	0.24	-7.6	343	
6	西 35-79	放层防砂	2016.9.11	复合缝筛管	3.4	0.8	77.2	22	4.33	80.3	18.6	3.53	3.1	369	
7	西 34-13-2	放层防砂	2016.11.6	复合缝筛管	34.6	1.04	97	24.2	9.58	60.4	-10.4	8.54	-36.6	271.5	
8	西 1-12-2	补层防砂	2016.11.19	复合缝筛管	3.92	1.65	58	23	8.05	65.0	19.08	6.4	7.0	153.8	
9	西 9-14-1	增补防砂单采	2016.10.26	复合缝筛管	7.37	0.6	91.9	33.6	4.23	87.4	26.23	3.63	-4.5	216.1	
10	西 5-12-4	防砂加堵层	2016.11.30	复合缝筛管	1.3	0.46	65	46.5	9.77	79.0	45.2	9.31	14.0	224.5	
小计	10口				87.74	6.98	92.04	279.3	47.17	83.1	191.56	40.19	-8.93	4637	
1	西 5-8-4	放层防砂	2016.11.12	复合缝筛管	3.43	2.2	36.0	42.1	7.49	82.2	38.67	5.29	46.2	177.2	
2	西 10-7-3	防砂解堵	2016.4.6	复合缝筛管 + 新型石英砂	5.74	1.88	67.2	17.5	3.15	82.0	11.76	1.27	14.8	22.4	
3	西 10-8-6	防砂解堵	2016.11.28	复合缝筛管	21.4	5.39	74.8	49.2	7.68	98.0	27.8	2.29	23.2	17.9	
小计	完成3口				30.57	9.47	69.0	108.8	18.32	83.2	78.23	8.85	14.1	217.5	
合计	13口				118.31	16.45	86.1	388.1	65.49	83.1	269.79	49.04	-3.0	4855	

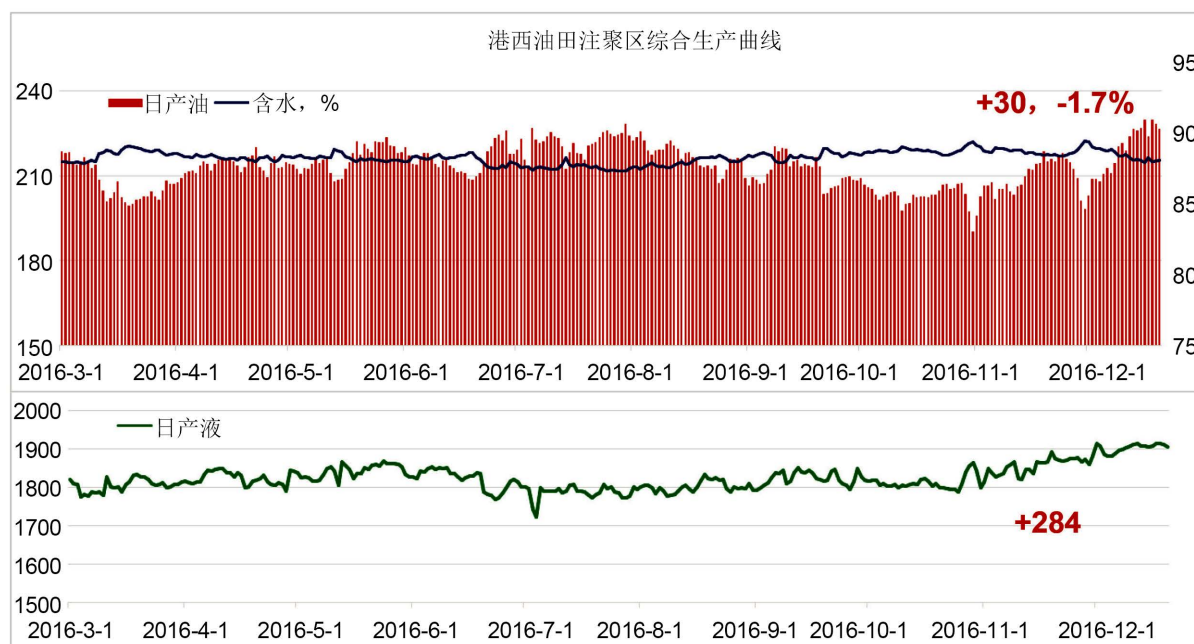


Figure 13. Comprehensive production curve of injection zone in West Oilfield

图 13. 港西油田注聚区综合生产曲线

Table 6. Specification for selection of mechanical sand control well in West Oilfield

表 6. 港西油田机械防砂井实施工艺选择规范

缝型	复合缝	
压井液	使用密度 < 1.4 g/cm	清水、卤水
	使用密度 ≥ 1.4 g/cm	优质压井液
支撑剂	聚合物产出 < 20 mg/l	石英砂
	聚合物产出 ≥ 20 mg/l	新型石英砂
氮气返排	多次防砂效果差及污染严重井	

Table 7. Sand control design parameter sheet of injection zone in West Oilfield

表 7. 港西油田注聚区防砂设计参数表

分项	施工参数
加砂强度	8~10 m ³ /m
施工排量	>2.4 m ³ /min
砂比	>35%
层位	对应措施
明一油组	提高加砂强度
明二油组	提高加砂强度
明三油组	提高施工排量

6. 建立了注聚区受益井防砂工艺选择规范

根据以上试验数据及现场应用，结合港西油田的实际生产情况，我们针对港西油田的注聚区的防砂工艺选择和参数的设定制定了规范(见表 6、表 7)。

7. 结论及认识

1) 完成聚区油井防砂配套工艺技术研究及应用

对港西油田注聚区油井出砂机理及防砂井堵塞机理研究, 改进防砂工艺, 优选防砂技术, 推广应用 13 口, 取得较好的增油效果, 高效期延长 255 天。

2) 制定出注聚区机械防砂井实施工艺选择规范和防砂设计参数, 对以后注聚区防砂井的应用具有指导意义。

3) 聚合物驱油[10]的配套防砂工艺是当今国内外提高采收率工作的难题, 虽然, 我们有一些新的思路、新认识, 但是, 还需进一步认真加以研究和完善, 才能更好的应用于油田的开发和发展。

参考文献 (References)

- [1] 于法珍. 桩西滩海大斜度井防砂工艺及后期处理技术研究[C]//胜利油田北部油区特高含水期提高采收率技术研讨会论文集. 2005.
- [2] 温祝远. 化学防砂技术在茨榆坨采油厂的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 东北石油大学, 2011.
- [3] 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.
- [4] 王建国, 吴超. LS 生物酶油水井解堵技术及应用[J]. 大庆石油学院学报, 2009, 33(5): 82-85.
- [5] 李振泉. 胜利油田胜坨一区聚合物驱油的试验进展[J]. 石油炼制与化工, 2006, 33(3): 262-266.
- [6] 刘东, 李丽, 等. 注聚区油井防砂层堵塞原因及解堵措施[J]. 中国石油大学学报, 自然科学版, 2010, 34(2): 78-82.
- [7] 王志刚, 李爱芬, 等. 砾石充填防砂井砾石层堵塞机理实验研究[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2000, 24(5): 49-51.
- [8] 孙焕泉. 胜利油田三次采油技术的实践与认识[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(3): 262-266.
- [9] 侯健, 郭兰磊, 等. 胜利油田不同类型油藏聚合物驱油生产动态的定量表征[J]. 石油学报, 2008, 29(4): 577-581.
- [10] 张绍东. 孤岛油田聚合物驱油技术应用研究[M]. 第 2 版. 北京: 中国石化出版社, 2005: 118.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: me@hanspub.org