

文章编号:1000-4092(2020)02-260-06

醇醚型高效解堵剂的制备与矿场应用*

肖立晓^{1,2},侯吉瑞^{1,2},刘常清³,梁拓^{1,2},赵伟³

(1. 中国石油大学(北京)非常规油气科学技术研究院,北京 102249;2. 中国石油大学(北京)石油工程教育部重点实验室,北京 102249;
3. 中海石油(中国)有限公司天津分公司,天津 300450)

摘要:为解除渤海油田在开发中后期由于石蜡、沥青等有机物沉淀造成的油井堵塞,以复合油溶性有机溶剂、醇醚型表面活性剂及渗透剂等制得XL-1高效解堵剂。通过3组正交实验考察各物质加量对洗油率的影响,确定XL-1的最佳配方,研究XL-1对石蜡和沥青的溶蚀效果,并在渤海油田沙河街组58-5油井进行了现场应用。结果表明,当醇醚型表面活性剂、复合油溶性有机溶剂、2-甲基-2,4-戊二醇质量比为3:7:0.5时,XL-1解堵剂对油污的洗油效果最好,洗油率为98%。对石蜡和沥青的溶蚀效果较好,溶蚀率分别为90%和40%。在58-5油井注入XL-1解堵剂后,储层压降幅度达到23%,解堵效果较好。XL-1醇醚型解堵剂可用于解除低渗油田石蜡、沥青等沉积造成的有机堵塞。图2表3参29

关键词:有机堵塞;解堵;醇醚型表面活性剂;渤海油田

中图分类号:TE358+.5 **文献标识码:**A **DOI:**10.19346/j.cnki.1000-4092.2020.02.014

0 前言

在油田勘探与开发过程中,钻井、试油、修井及采油过程中注入的钻井液、压井液、洗井液、注入水及聚合物等入井液体均会对地层造成伤害,使油气采出通道堵塞,导致油井减产或停产,水井欠注^[1]。采用的增产、增注措施等都会使油层温度下降,使原油中更多的高凝石蜡、胶质、沥青质等有机物以结晶或胶粒形式在近井地带沉积下来,造成油层堵塞,导致原油产量下降^[2-3]。因此以疏通油层为主要目的的清洗、解堵作业日益重要。

解堵方法分为物理解堵法和化学解堵法。物理解堵法是靠产生较大的振动冲击波在近井地带产生微裂缝或使堵塞物松动脱落而解堵。这种强大的冲击波对防砂筛管及地层结构都有一定的破坏作用^[4]。化学解堵法是根据油井的堵塞原因配制解堵液。解堵液中的有效成份与堵塞物充分接触

并发生化学反应,从而达到破坏、携带并销蚀堵塞物的目的,随后反应产物由井筒排出地面实现化学解堵,提高或改善近井地带的渗透率^[5-6]。近年来,通过深入研究解堵技术并进行多次现场试验,形成了以酸化解堵技术、强氧化剂解堵技术及热力解堵技术为主的化学解堵技术^[7]。酸化解堵技术是目前油井最常用的解堵技术,通过在近井地带注入盐酸、土酸等酸性物质,不同程度地溶蚀地层矿物和常规无机物,解除绝大部分无机物堵塞^[8],但对聚合物和生物等有机物堵塞的解堵效果很差,同时酸液的有效作用距离短,对低渗透储层的解堵效果不佳^[9-11]。针对油层堵塞问题,国内外又提出了新的酸化解堵工艺和技术,如二氧化氯复合酸酸化技术、暂堵酸化技术、泡沫酸化技术等^[12-14]。这类技术可以解决层间矛盾,但是酸性解堵液对油井设备腐蚀和储层框架伤害严重,并且相应的酸液对下游油水分离造成负面影响,降低脱水效果^[15]。用氧化剂替

* 收稿日期:2019-09-22;修回日期:2019-10-22。

基金项目:国家科技重大专项“缝洞型油藏泡沫辅助气驱提高采收率技术研究”(项目编号2016ZX05014-004-004),“十三五”国家科技重大专项课题“低渗-致密”油藏高效提高采收率技术(项目编号2017ZX05009-004)。

作者简介:肖立晓(1994-),女,中国石油大学(北京)油气田开发专业在读硕士研究生(2018-),研究方向为提高采收率,通讯地址:102249北京市昌平区城北街道府学路中国石油大学(北京)非常规油气科学技术研究院,E-mail:2269393097@qq.com。

代酸液的解堵工艺实现了降黏、杀菌和清除硫化物堵塞的作用,从而解除有机物堵塞,达到改善地层渗透率并提高产量的目的,但应用中有一定的局限性,如:高锰酸钾、次氯酸钠的氧化能力较差;双氧水氧化能力较强,一旦注入井下会有爆炸的危险^[16-17]。热力解堵技术是利用化学方法在预处理油层井段产生大量的气体和热量,产生的热量不仅可以起到热力降黏作用,也可以提高预处理油层的温度,把沉积在井筒和油层的石蜡、沥青等有机物沉淀溶化,起到热力解堵作用^[18]。

在选择解堵技术时,需要根据储层堵塞机理,结合不同化学解堵技术的特点及其适用范围,选择合适的解堵技术,避免造成储层二次伤害^[19]。强氧化剂解堵技术可以用于钻完井液和压裂液等外来流体引起的堵塞;针对岩屑等无机垢沉淀引起的无机堵塞,可采用酸化解堵技术;针对原油中沥青、石蜡等有机垢沉积造成的有机堵塞,可以采取注入有机溶剂进行解堵^[20]。渤海油田沙河街组油藏属于中低孔、低渗油藏,沥青和石蜡含量中等偏上。当温度和压力降低时,这些有机物极易沉积在近井地带形成油污造成堵塞,因此可采用注入有机溶剂方法进行解堵。有机解堵方法不仅能解除地层有机堵塞,而且使用的化学药剂不需反排,对井身结构和防筛砂管也不会造成任何损害^[21]。伍增贵等^[22]针对渤海埕北油田油井的有机堵塞问题,研发出以芳香烃类有机溶剂和表面活性剂为主要成分的有机解堵剂。本文对常规有机解堵剂进行优化,不再使用单一类别的有机溶剂,而是通过室内接枝实验得到具有极强渗透清洁性能和溶解能力的复合型油溶性有机溶剂;同时使用实验室自制的清洁安全、化学性质更加稳定的醇醚型表面活性剂,配制得到醇醚型高效有机解堵剂体系。醇醚型高效解堵剂体系各成分之间可以发挥协同效应,在润湿、渗透、分散等方面具有更加优异的性能。本文通过正交实验筛选出醇醚型高效解堵剂的最佳配方,开展解堵剂对石蜡和沥青的溶蚀效果实验研究,并在渤海油田沙河街组58-5油井进行现场应用。

1 实验部分

1.1 材料与仪器

石油醚,沸程30~60℃、60~90℃,分析纯,济

宁佰一化工有限公司;渤海油田脱水原油,含沥青质19.4%、蜡质40.1%;沥青,由渤海原油加工得到;石蜡,60#精蜡,工业级,大庆新瑞通科技工程有限公司;医用脱脂棉;醇醚型表面活性剂;有机溶剂1(复合型油溶性有机溶剂)、有机溶剂2(单一芳香族油溶性有机溶剂),自制;2-甲基-2,4-戊二醇,分析纯,江苏嘉仁化工有限公司;乙二醇单丁醚,分析纯,济南玺林化工有限公司;白油,工业级,辛集市隆亿石油助剂厂;配制解堵剂的地层水为模拟地层水,矿化度为7809.7 mg/L,离子组成(mg/L)为:Na⁺+K⁺ 2620.74、Ca²⁺ 230.28、Mg²⁺ 78.91、CO₃²⁻ 101.63、HCO₃⁻ 61.63、SO₄²⁻ 287.95、Cl⁻ 4428.59;石英砂,粒径0.35~0.50 mm。

MG-9紫外分光光度计,南京非勒仪器有限公司;玻璃钢恒温水浴,室温~95℃,常州市金坛大地自动化仪器厂。

1.2 实验方法

(1)洗油率的测定

①制备高效解堵剂:将醇醚型表面活性剂、有机溶剂1、乙二醇单丁醚、有机溶剂2、2-甲基-2,4-戊二醇搅拌均匀,制得高效解堵剂XL-1。②人造油污的配制:将原油、沥青、石蜡按质量比83:12:5置于烧杯中,加热搅拌使固体沥青和石蜡溶解后混合均匀,制得含油率为83%的人造油污。③油砂配制:称取4.0 g人造油污,用10 mL沸程为30~60℃的石油醚溶解后加入170 g石英砂并搅拌均匀,在80~90℃水浴中加热并搅拌0.5 h以上,蒸去石油醚制成油砂,油砂含油的质量分数为K。④绘制标准曲线:称取0.5 g(精确至0.0001 g)人造油污移入100 mL容量瓶中,用沸程60~90℃的石油醚溶解,稀释至刻度,得到标准油溶液;用移液管分别移取0~1.4 mL标准油溶液于8个50 mL容量瓶中,用沸程60~90℃的石油醚稀释至刻度,以沸程60~90℃的石油醚为空白,用分光光度计测定吸光度,根据测得的吸光度值与对应的含油量值绘制标准曲线。⑤洗油率的测定:称取W₀=4.0 g油砂于50 mL比色管中,加入10 mL解堵剂,将比色管置于60℃恒温水浴中1 h后取出,摇动后置于比色架上,用镊子夹住棉花,蘸去液面及管壁上的油污,小心倾去洗液,用蒸馏水冲洗比色管内残余的解堵剂,直到洗出液呈透明状态为止,将冲洗后的带油砂的

比色管放入 $(105\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内烘干4 h,取出放入干燥器中放至室温;在比色管内加入适量沸程为 $60\sim 90^{\circ}\text{C}$ 的石油醚充分摇动并稀释至刻度。吸取石油醚溶液,用分光光度计测定吸光度,在标准曲线上查出比色管内对应的残余含油量 W_1 。按 $[1-W_1/(KW_0)]\times 100\%$ 计算洗油率 X ,其中 $K=4\times 83\%/(170+4)\times 100\%$ 。

(2) 高效解堵剂配方优化

将醇醚型表面活性剂、有机溶剂1、有机溶剂2、2-甲基-2,4-戊二醇和乙二醇单丁醚进行正交对照实验,通过极差分析法确定高效解堵剂的最佳配比。

(3) 对石蜡和沥青的溶蚀效果

在2个量筒中分别加入10 mL解堵剂XL-1,置于地层温度 50°C 水浴中预热15 min,分别加入相同质量(1 g)的石蜡和沥青,置于油层温度 50°C 水浴中,每隔1 min将石蜡和沥青取出,用蒸馏水清洗干净后,称量石蜡和沥青的剩余质量,计算溶蚀率,绘制时间—溶蚀率关系曲线。

2 结果与讨论

王天慧^[23]、王海军^[24]等用洗油率作为评价有机解堵剂的性能指标。本文采用的醇醚型表面活性剂具有毒性小、易生物降解、表面张力低、与其他类型有机物或表面活性剂配伍性好等特点,是一类多功能绿色表面活性剂。室内实验证明其具有很好的洗油能力,但是仅仅利用醇醚型表面活性剂提高洗油率从而实现解除有机堵塞的效果并不理想^[25]。因此,将其与能够溶解石蜡和沥青的油溶性有机溶剂和其他醇醚类型的有机物进行复配,三者发挥协同效应,在实现最高洗油效率的基础上将油污溶解,从而解除有机堵塞。本文用人造油污配制的油砂模拟近井地带堵塞的石蜡、沥青等有机物,通过测定对有机解堵剂的洗油率来确定其解除有机堵塞的实际效果。

2.1 高效解堵剂配方优选

正交实验的变量为醇醚型表面活性剂、有机溶剂1、有机溶剂2、2-甲基-2,4-戊二醇和乙二醇单丁醚,保持醇醚型表面活性剂的质量水平分别为1、2、3 g,改变有机溶剂1和2-甲基-2,4-戊二醇的质量,计算每次实验的洗油率,结果见表1。在实验结果的基础上计算每个影响因素在不同质量水平下的

均值,均值越大,表示该影响因素在该质量水平下的洗油率越大,由均值计算每个影响因素的极差,极差越大,表明该因素对洗油率的影响能力越大。

表1 醇醚型表面活性剂、有机溶剂1和2-甲基-2,4-戊二醇正交实验结果

实验 编号	因素			洗 油 率/ %
	A 醇醚型表面 活性剂/g	B 有机溶剂 1/g	C 2-甲基-2, 4-戊二醇/g	
1	1	7	0.5	90
2	1	8	1.0	83
3	1	9	1.5	81
4	2	7	1.0	92
5	2	8	1.5	85
6	2	9	0.5	89
7	3	7	1.5	87
8	3	8	0.5	91
9	3	9	1.0	90
均值1	84.67	89.67	90.00	
均值2	88.67	86.33	88.33	
均值3	89.33	86.67	84.33	
极差	4.67	3.33	5.67	

由表1结果可见,3种因素对洗油率的影响大小依次为2-甲基-2,4-戊二醇>醇醚型表面活性剂>有机溶剂1。对均值进行分析可以看出,醇醚型表面活性剂加量为3 g、有机溶剂1加量为7 g、2-甲基-2,4-戊二醇加量为0.5 g时可以达到最好洗油效果。因此可以选取2-甲基-2,4-戊二醇和醇醚型表面活性剂作为主要影响因素,改变有机溶剂种类,选用醇醚型表面活性剂、有机溶剂2和2-甲基-2,4-戊二醇进行正交实验,结果见表2。

同理,表2中3种因素对洗油率的影响大小依次为2-甲基-2,4-戊二醇>醇醚型表面活性剂>有机溶剂2,而且有机溶剂2的极差远远小于其他两个因素极差,说明有机溶剂2对洗油率基本没有影响,因此该体系不宜作为醇醚型有机解堵体系。

比较表1和表2可见,在实验条件相同的情况下,含有有机溶剂1体系的洗油率均高于含有有机溶剂2的体系。这是由体系中有有机溶剂种类不同造成的。一方面,由于有机溶剂1是复合型有机溶剂,

表2 醇醚型表面活性剂、有机溶剂2和2-甲基-2,4-戊二醇正交实验结果

实验 编号	因素			洗油 率/ %
	A 醇醚型表面 活性剂/g	B 有机溶 剂 2/g	C 2-甲基-2, 4-戊二醇/g	
1	1	7	0.5	79
2	1	8	1.0	81
3	1	9	1.5	69
4	2	7	1.0	77
5	2	8	1.5	80
6	2	9	0.5	85
7	3	7	1.5	84
8	3	8	1.0	84
9	3	9	0.5	86
均值1	76.33	80.00	84.33	
均值2	82.67	79.67	82.67	
均值3	80.00	79.33	72.00	
极差	6.33	0.67	12.33	

溶解性更强,能增大与其他表面活性剂或有机物的接触面积,从而更大程度上溶解沥青和石蜡;另一方面,有机溶剂1与醇醚型表面活性剂的复配效果较好,使整个解堵剂体系的表面张力更低,进入油藏需要克服的油藏阻力较小,更易溶解吸附在多孔介质中的沥青和石蜡等有机堵塞物上,从而实现更高的洗油效率,达到解除近井地带有机堵塞的目的^[26]。

由表1和表2已经确定将有机溶剂1作为解堵体系的组成成分,因此对醇醚型表面活性剂、有机溶剂1和乙二醇单丁醚组成的体系进行正交实验。同样保持醇醚型表面活性剂质量水平分别为1、2、3 g,改变有机溶剂1和乙二醇单丁醚的质量,计算每次实验的洗油率,结果见表3。由表3可见,3种因素对洗油率的影响大小依次为醇醚型表面活性剂>有机溶剂1>乙二醇单丁醚。

比较表1和表3可见,在实验条件相同的情况下,含有2-甲基-2,4-戊二醇的体系洗油率均高于含有乙二醇单丁醚的体系。这是由于体系中加入不同的醇或醚类有机物造成的。通过3组正交实验,得到各因素对洗油效率的影响能力从大到小依次为2-甲基-2,4-戊二醇>醇醚型表面活性剂>有机

表3 醇醚型表面活性剂、有机溶剂1和乙二醇单丁醚正交实验结果

实验 编号	因素			洗油 率/ %
	A 醇醚型表面 活性剂/g	B 有机溶 剂 1/g	C 乙二醇单 丁醚/g	
1	1	7	0.5	85
2	1	8	1.0	58
3	1	9	1.5	60
4	2	7	1.0	90
5	2	8	1.5	80
6	2	9	0.5	68
7	3	7	1.5	56
8	3	8	0.5	68
9	3	9	1.0	59
均值1	67.67	77.00	73.67	
均值2	79.33	68.67	69.00	
均值3	61.00	62.33	65.33	
极差	18.33	14.67	8.33	

溶剂1>乙二醇单丁醚>有机溶剂2,因此选用2-甲基-2,4-戊二醇、醇醚型表面活性剂和有机溶剂1按一定比例配制XL-1高效解堵体系。2-甲基-2,4-戊二醇对洗油效果的影响最大,这可能是由于在有机溶剂1中加入2-甲基-2,4-戊二醇后能很快破坏包裹在石蜡和沥青表面的水膜,促使有机溶剂与有机垢充分接触^[27]。同时,2-甲基-2,4-戊二醇与醇醚型表面活性剂配伍后进一步加强润湿反转作用,使结蜡管壁表面由亲油性反转为亲水性,表面活性剂被吸附在油管表面上,有利于石蜡、沥青等亲油性有机垢沉淀从油管表面脱落,不利于有机垢在表面的沉积,从而起到解除有机物堵塞的作用,在一定程度上延长了洗井周期^[28-29]。其次,2-甲基-2,4-戊二醇溶解性超强,可以完全溶于有机溶剂1。由于其良好的渗透性能和分散增溶性能,可作为渗透剂和分散剂渗入近井地带有机垢和多孔介质或油管之间的缝隙中,增加和有机垢的接触面积,使有机垢能更大程度增溶于解堵体系中,提高洗油效率,达到解除有机堵塞的目的。

3组正交实验结果表明,当解堵体系XL-1中醇醚型表面活性剂、有机溶剂1、2-甲基-2,4-戊二醇的

质量比为3:7:0.5时,有机解堵体系对油污的洗油效果最好,洗油率达到98%。

2.2 对有机垢的溶蚀效果

由于造成近井地带有机堵塞的堵塞物主要为石蜡和沥青,因此考察XL-1高效解堵剂对沥青和石蜡的溶蚀能力,结果见图1。从整体趋势看,石蜡和沥青的溶蚀率在起初较短时间里迅速增加,之后缓慢上升至趋于平缓,石蜡溶蚀率保持在90%,而沥青溶蚀率保持在40%。在溶蚀初期,由于高效解堵剂与沥青或石蜡之间存在较高浓度差,解堵剂中的有机溶剂和表面活性剂等能在高浓度差下渗入沥青或石蜡中,从而使沥青或石蜡快速溶解。随着溶解时间的延长,浓度差变小,解堵剂体系对沥青或石蜡的渗透能力减弱,因此溶蚀速率减慢甚至稳定。对比两条曲线可见,石蜡质量在较短时间内快速下降,7 min后质量基本保持不变,而沥青质量下降比较平缓,在10 min时仍有下降趋势。沥青是一种由多种高分子碳氢化合物及非金属衍生物组成的复杂混合物,而石蜡是一种碳原子数约为18~30的烃类混合物,相比而言密度和黏度均远小于沥青。在溶蚀实验中,密度小的石蜡首先被快速溶蚀,而沥青由于结构复杂、分子量等特点阻碍了解堵剂体系的渗入,导致溶蚀速率缓慢。

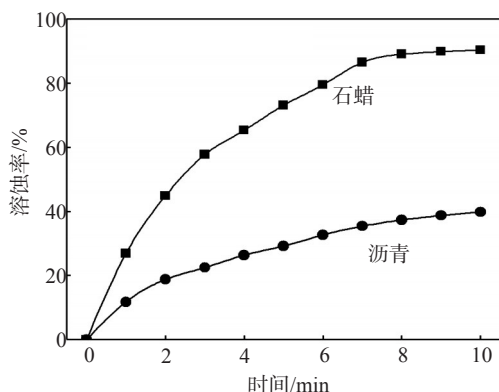


图1 解堵剂对沥青和蜡质的溶蚀率

2.3 现场应用

渤海油田沙河街组储层埋藏深,成岩程度高,孔隙度低,渗透能力较差,为中低孔、低渗油藏。原油为轻质原油,具有三高、三低,一中等的特点,即:高含蜡、高凝固点、高饱和烃,低密度、低黏度、低含硫量,沥青含量中等。58-5油井投产初期日产油131.6 m³,油藏原始压力为46 MPa。由于地层压力

降低,日产油量降至4 m³。通过分析58-5油井以往生产历史和作业情况可知,储层存在有机堵塞,近井地带存在有机垢^[22]。初期进行试压作业,储层压力先急剧增大到43 MPa后迅速下降到0,表明该井存在堵塞现象,可以进行解堵生产。试压结束后进行挤注作业,首先蒸注16 t柴油顶替液清除管内蜡质堵塞,80 min时注入38 t XL-1高效解堵剂解除近井地带有机堵塞,储层压力稳定在33 MPa,压降幅度达到23%,最后270 min时注入9 t后置柴油段塞清洗管内堵塞物(见图2)。XL-1高效解堵剂可解除近井地带堵塞,解堵效果明显。目前油矿正在进行低渗油田的开发研究,沙河街组矿场试验的顺利进行可为低渗油田后期开发项目提供借鉴。

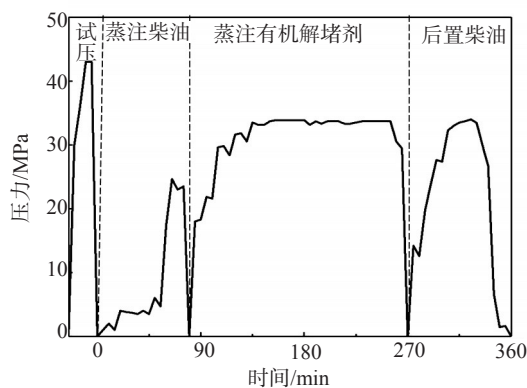


图2 58-5油井挤注作业曲线

3 结论

在正交实验中通过极差分析法得到XL-1醇醚型高效解堵剂的最佳配方为:醇醚型表面活性剂、有机溶剂1、2-甲基-2,4-戊二醇质量比为3:7:0.5。该配比下解堵剂对油污的洗油效果最好,洗油率为98%,且对石蜡和沥青的溶蚀效果较好,溶蚀率分别为90%和40%。在渤海油田现场使用XL-1解堵剂后,储层压降幅度达到23%,解堵效果明显。

参考文献:

- [1] 陈瑞芳. 综合解堵技术在欢东油田的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2011, 31(6): 172.
- [2] YAO Z X, LI J X, WANG K, et al. Experimental and numerical study on direct electrical heating for plug removal of subsea waxy crude pipelines [J/OL]. Int J Heat Mass Transfer, 2019, 143: 118489 [2019-09-18]. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.118489>.
- [3] KUNAL K, AHMED H, MATTHEW F, et al. Evaluation of

- asphaltene instability and a chemical control during production of live oils [J]. *Liq Fuels Technol*, 2003, 21(3/4): 629-645.
- [4] 陈惠广,丁玲,杨清献.利用物理技术解决地层堵塞的现场应用[J].内蒙古石油化工,2003(4):26-27.
- [5] 巩小明,杨松波.化学解堵技术在安塞油田的应用及效果分析[J].油气井测试,2009,18(14):47-48.
- [6] 宋丽丽,任涛,刘炳森,等.化学解堵工艺在靖边气田的应用[J].石油化工应用,2011,30(8):81-83.
- [7] 郑力军,杨立华,张涛,等.泡沫酸化技术研究及其在低渗非均质油藏中应用[J].油田化学,2011,28(1):9-12.
- [8] 李伟翰,颜红侠,王世英,等.近井地带解堵技术研究进展[J].油田化学,2005,22(4):381-384.
- [9] 付亚荣,陈宝新,刘建华,等.基于酸性表面活性剂的油井解堵工艺[J].石油钻采工艺,2007,29(3):67-68.
- [10] 杨玉卿,潘福熙,田洪,等.渤中25-1油田沙河街组低孔渗透储层特征及分类评价[J].现代地质,2010,24(4):685-693.
- [11] 孙淑娟,张群正,刘金磊,等.碳酸盐储层酸化解堵配方优化及解堵机理[J].油田化学,2017,34(4):585-589.
- [12] 孟中华.高效解堵剂SA-PR复合解堵工艺研究[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(6):237-239.
- [13] 李建雄.暂堵酸化技术研究应用[J].广东化工,2017,44(11):104-105.
- [14] 陶磊,李松岩,程时清.稠油油藏水平井泡沫酸解堵技术[J].石油钻探技术,2015,43(6):76-80.
- [15] 廖纪佳,唐洪明,朱筱敏,等.特低渗透砂岩储层水敏实验及损害机理研究——以鄂尔多斯盆地西峰油田延长组第8油层为例[J].石油与天然气地质,2012,33(2):321-328.
- [16] 田初明,刘华伟,曲庆东,等.渤海油田注聚井新型解堵技术研究及应用[J].中国石油和化工标准与质量,2017,37(5):126-128.
- [17] 纪淑玲,刘小忠,祁万顺,等.氧化剂复合解堵技术在注水井酸化增注中的应用[J].科技创新导报,2009(10):73.
- [18] 杨建华.热力解堵技术的研究与应用[J].海洋石油,2005(02):74-77.
- [19] BROWNE G E, HASS G R, SELL R D. Downhole emulsification: Viscosity reduction increases production [J]. *J Can Pet Technol*, 1996, 35(4):25-31.
- [20] DEL BIANCO A, STROPPA F, BERTERO L. Tailoring hydrocarbon streams for asphaltene removal [J]. *SPE Prod Facil*, 1997, 12(2):80-83.
- [21] 关德,杨寨,张勇,等.渤海两油田油井堵塞原因分析及化学解堵试验[J].西南石油大学学报(自然科学版),2002,24(2):35-37.
- [22] 伍增贵,鞠斌山,栾志安,等.埕北油田沥青质堵塞综合研究[J].石油勘探与开发,2000,27(5):98-101.
- [23] 王天慧,李凤娟,李琦,等.渤中25-1油田沙河街组储层有机解堵工艺现场应用[J].资源节约与环保,2014(8):145.
- [24] 王海军,南庆义,王志强,等.油层综合解堵技术及在二连“两南”油田的现场应用[J].内蒙古石油化工,2000(4):158-160.
- [25] 卢学军,陶华东,张义勇,等.醇醚羧酸盐表面活性剂的研究进展[J].日用化学品科学,2014,37(11):21-23.
- [26] 叶宇威,赵楠,栾辉,等.有机溶剂浸取石油污染土壤中的多环芳烃[J].化工环保,2019,39(5):545-551.
- [27] 魏江伟,石亮亮,王飞,等.低渗透油层有机尿酸解堵体系评价及应用[J].中国石油大学胜利学院学报,2017,31(2):32-34.
- [28] 陈清,白田增,王艺之,等.氯化钠暂堵剂的制备与性能评价[J].油田化学,2018,35(4):648-653.
- [29] 汪双喜,刘静,丛海龙.表面活性剂洗油酸化工艺在特低渗透油藏的应用[J].清洗世界,2015,31(11):28-31.

Preparation and Field Application of Efficient Plug Removal Agent with Alcohol Ether Type

XIAO Lixiao^{1,2}, HOU Jirui^{1,2}, LIU Changqing³, LIANG Tuo^{1,2}, ZHAO Wei³

(1. Research Institute of Unconventional Petroleum Science and Technology, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, P R of China;

2. Key Laboratory of Petroleum Engineering (Ministry of Education), China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, P R of China;

3. Tianjin Branch of CNOOC (China) Co. Ltd, Tianjin 300450, P R of China)

Abstract: In order to remove the plugging of oil well caused by the precipitation of paraffins, asphalts, and other organic substances in the middle and late development of Bohai oilfield, high efficient plug removal agent XL-1 was prepared by using compound oil soluble organic solvent, alcohol ether surfactant and penetrating agent. Three sets of orthogonal control experiments were carried out to investigate the effect of various reagents dosages on the oil washing rate, which could determine the best formula of XL-1 and study the dissolution effect of XL-1 on paraffin and asphaltene. Finally, field application was carried out in 58-5 well of Shahejie formation in Bohai oilfield. The results showed that when the mass ratio of alcohol ether surfactant, compound oil soluble organic solvent and 2-methyl-2, 4-pentanediol was 3:7:0.5, the oil washing effect of XL-1 on oil pollution was the best with 98% oil washing rate. It had good dissolution effect on paraffin and asphalt, and the dissolution rate was 90% and 40%, respectively. After injection of XL-1 in 58-5 well, the drop of the formation pressure was up to 23%, indicating good plugging removal effect. Alcohol ether type plug removal agent XL-1 could be used to remove organic plugging caused by the deposition of paraffins and asphalts in low permeability oilfield.

Keywords: organic plug; plug removal; alcohol ether surfactant; Bohai oilfield