

阿波罗生物酶解堵技术在百色油田的应用

邓正仙,梁远安,翁高富,孙贵军,冉绍民

(中国石化西南油气分公司广西采油厂,广西 田东 513500)

摘 要 百色油田部分油井出砂、乳化、结蜡严重,地层存在堵塞现象,部分油井因井况、出砂等原因无法使用常规酸化解堵技术,因此引进较为新型的阿波罗生物酶解堵技术。通过对阿波罗生物酶解堵剂的作用机理进行分析探讨后,采用不动管柱施工方法,在百色油田 13 口油井上进行了 14 次施工,有 12 井次取得解堵增油效果,措施有效率达 85.7%,累计增油 270.6t,投入为 32.5 万元,产出为 56.5 万元,投入产出比为 1:1.74。

关键词 生物酶 解堵 试验 百色油田

1 前言

油水井解堵是注水开发油田尤其是低渗透油田常用的措施,常规的解堵方法有化学和物理解堵法。百色油田属于中低渗油田,主要应用的是酸化解堵。由于长期频繁进行酸化解堵,导致了井况严重恶化和油井出砂等问题,面临着常规酸化措施无法在大部分油水井上使用的困境。

阿波罗生物酶是由美国阿波罗分离技术有限公司研制开发的新型高效催化剂,密度与水相同并完全溶于水,由于对油水及固体具有很好的分离能力,所以最初的应用是用于泥浆处理、含油废料的处理及油水分离回收等,于 2000 年开始用于油井的解堵增产。在美国、墨西哥、委内瑞拉、印尼等国家和国内胜利、中原等油田应用都取得了较好效果。2004 年开始在百色油田应用,在不同类型油藏上进行了 13 口井 14 井次的施工,措施有效率为 85.7%,投入产出比为 1:1.74,具有推广价值。

2 百色油田地质概况

百色油田属陆相油藏,含油断块小,构造形态复杂,储层具有多层、薄、非均质性严重的特征。油藏埋深一般在 1000m 左右,油层孔隙度 15%~20%,属中等孔隙度储层。渗透率 $27 \times 10^{-3} \sim 282 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于中低渗油藏。原始压力系数 0.92~1.05,泥质含量 5%~14%,黏土矿物主要为高岭土和伊利石,少量绿泥石,相对含量占 70%~85%。室内试验结果表明,储层具中偏强水敏、速敏、盐敏和弱酸敏特征。

地层温度梯度 3.3~4.3℃/100m,饱和压力一般为原始压力的 30%~50%。

百色油田主要生产轻—中质原油,地面密度 0.85~0.89g/cm³。地下流体物性差异较大,原油黏度(50℃)一般为 1.1~5.0mPa·s,最高为 19.07mPa·s。原始油气比一般为 30~50m³/t。凝固点 32~35℃,蜡含量 12%~26.5%,胶质含量 17%~31.5%,为高凝固点、高含蜡、高含胶量原油。地层水型为 NaHCO₃型,矿化度 2600~6900mg/L,属低矿化度。

3 阿波罗生物酶的反应机理及作用

3.1 阿波罗生物酶反应机理

生物酶是一种有催化能力的蛋白质,由微生物活体细胞产生,并经基因移植成型,主旨是作为中间催化介质使用,它能释放地层中吸附在岩石表面的油,改变岩石表面润湿性,可以快速把油和附着物分离,其催化过程为生化反应,反应结束时,其化学性质和数量不发生变化,也不被破坏^[1]。

以其分离油和固体的过程为例,对阿波罗生物酶的驱油、解堵生化反应进行说明,见图 1。

3.2 阿波罗生物酶解堵剂的驱油、解堵作用

3.2.1 疏通油流通道,降低地层流体流动阻力

随着油田开采压力的变化,岩石产生微颗粒的

作者简介:邓正仙,工程师,1995年毕业于西安石油学院采油工程专业,现在中国石化西南油气分公司广西采油厂从事油田开发地质与油藏工程研究工作。 E-mail: dengzhengxian@126.com

松动与运移,原油中蜡质、沥青质等有机物质附着、沉积在颗粒壁上,随着有机物质长时间堆积成长,岩石颗粒的体积增大,堵塞住油通道^[2]。阿波罗解堵

剂将岩石颗粒与包裹的油蜡分离,疏通堵塞的油水通道,而且分离的油滴稀释后快速聚合,形成稀释油流带,建立新的孔隙和通道。

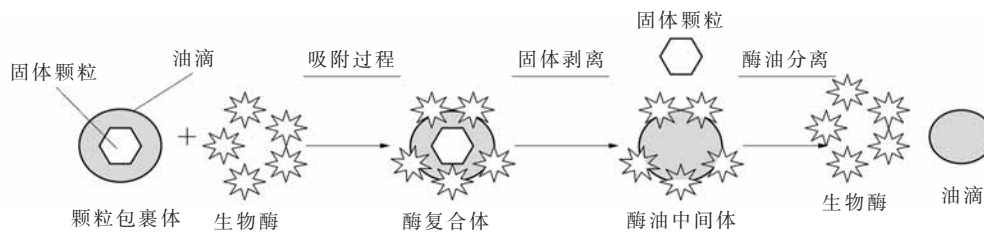


图1 阿波罗生物酶分离油-固体颗粒说明图

3.2.2 边解堵边改变油藏的润湿性,有效诱导油流

岩石的表面润湿性影响着水驱油的过程,决定油在岩石孔隙中的微观分布及残余油的存在方式,引起流体的相对渗透率曲线变化。在相同的饱和度条件下,亲水油藏里的水分布在细小孔隙、死孔隙或者颗粒表面上,对油的渗透率影响很小,油分布在较大的孔隙里,有利于提高采出程度;而在亲油油藏中,油本身以油膜附着于颗粒表面或者小孔隙中,水在大孔隙里流动阻碍了油的渗流,油的相对渗透率会降低,大量的原油滞留在孔隙的表面处形成油膜,无法流动^[3]。

阿波罗解堵剂利用酶的强大剥离能力,降低油藏中残余油的饱和度,改变岩石表面润湿性为亲水,水沿孔隙表面向前运动时,把油聚集到大的孔道内形成新的油流带,提高原油的相对渗透率。当使用阿波罗解堵剂处理地层时,在处理半径内的地层润湿性为亲水性,提高了近井地层渗透能力,降低了液体流动阻力。

3.2.3 油砂分离,抑制地层出砂

阿波罗生物酶将原油从砂粒子上剥离后,酶分子附在砂粒上,使油、砂完全分开流动,防止形成滤饼,增强流体流动能力;同时由于阿波罗生物酶完全不溶于油,分离后的油浮在生物酶溶液上,基本不含水,而吸附在岩石表面的酶分子改变了岩石表面润湿性,降低了油流阻力,增大水流阻力,使产出液含水降低;由于生物酶可降低原油黏度,改善原油的流动性,进而具有一定的抑制出砂的作用。

4 选井原则

- ① 有注水井对应、具有一定能量补充的油井,实际产量较低;
- ② 油井出砂或者原油乳化现象严重;

- ③ 结蜡比较严重,胶质、沥青质含量较高;
- ④ 含水最好在60%~80%之间;
- ⑤ 用其他解堵方法无效的井。

5 施工工艺参数设计

5.1 解堵剂配方与用量的设计

生物酶解堵剂由生物酶和生物酶添加剂按一定比例混配而成,其用量设计参照以下公式:

$$V = \pi r^2 h \phi$$

式中:V为生物酶解堵剂挤入量,m³;r为油井处理半径,m;h为油层有效厚度,m;φ为油层有效孔隙度,%。

油井的处理半径则根据油藏具体情况而定,百色油田处理半径一般为1m。

5.2 施工参数的设计

① 为节省作业时间,降低作业费用,施工采用不动管柱施工方法^[4]。

② 解堵前进行大排量循环热洗井,使井筒保持干净,蜡、死油等井筒污物不进入地层;然后挤入生物酶解堵剂;再替入压井液,保证解堵剂能够全部进入地层。洗井、压井液均使用活性水,最大限度地保护储层。

③ 根据各施工井实际地质情况及施工所用配方确定工作液浓度、用量、压力、注入速度;一般情况下,以低排量、低施工压力(小于破裂压力80%)进行施工。

④ 施工结束后,关井反应3~10d后恢复生产。

6 应用情况

6.1 试验区块地质特征及生产中存在的问题

2004年至2005年1月在百色油田的子寅油田、塘寨油田、雷公油田、花茶油田、那坤油田等5个油田进行生物酶解堵试验,5个油田的油藏特征

与原油物性各不相同,见表1。生产中存在的问题 主要有地层出砂、乳化严重、结蜡严重等3种类型。

表1 百色油田生物酶解堵试验油田的地质参数与地下流体物性参数

油田		子寅	雷公	塘寨		花茶	那坤	
区块		仓16	雷公	百49	百56	仓22	坤10	
地质参数	油层埋深/m	870	984	1241	650	1630	870	
	孔隙度,%	19	19	16	21	15	19	
	渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}$	72	71	48	282	27	67.3	
	饱和度,%	73	67	72	70	65	63	
	地层温度/ $^{\circ}\text{C}$	49.5	60	61.3	46	74	56.8	
	原始压力/MPa	8.6	9	11.8	6	15.4	8.95	
	饱和压力/MPa	4.8	3.9	4.3	3	4.3	3	
地下流体物性	高压物性	原始油气比/ $(\text{m}^3\cdot\text{t}^{-1})$	28.	22.1	33.3	13.8	40.2	40.9
		体积系数	1.08	1.10	1.09	1.15	1.09	1.14
		地下黏度/ $(\text{mPa}\cdot\text{s})$	5.91	4.3	4.95	19.07	4.95	4.54
	脱气原油物性	密度/ $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	0.867	0.867	0.883	0.889	0.864	0.858
		黏度/ $(\text{mPa}\cdot\text{s})$	13.41	16.23	45.12	40.29	15.18	16.6
		凝固点/ $^{\circ}\text{C}$	35.0	33.4	34.6	33.0	35.0	33
		蜡含量,%	24.9	8	21.5	20.1	12.9	10
		胶质沥青质,%	16.3	23.7	31.4	31.5	17.8	24.1

6.2 应用效果及分析

2004年至2005年1月在13口井进行现场施工

14井次,其中有12井次见到了增油效果,措施有效率为85.7%(见表2)。

表2 百色油田生物酶解堵效果统计

油田	井号	存在问题	措施前生产情况			措施后生产情况			有效期/d	累计增油/t
			产液/ $(\text{t}\cdot\text{d}^{-1})$	产油/ $(\text{t}\cdot\text{d}^{-1})$	含水,%	产液/ $(\text{t}\cdot\text{d}^{-1})$	产油/ $(\text{t}\cdot\text{d}^{-1})$	含水,%		
子寅	仓16-29	油井出砂	1.4	0.2	83.2	3.0	0.8	71.4	90	12.4
	仓16-43	乳化严重	2.0	0.3	80.5	4.2	0.7	82.9	98	19.6
	仓16-43	乳化严重	1.6	0.2	90.0	6.6	0.6	92.2	95	11.6
	仓16-12	结蜡严重	4.8	0.8	85.0	6.0	1.2	80.0	100	5.8
	仓16-45	乳化、结蜡	6.0	0.3	93.0	12.5	0.6	96.0	120	7
塘寨	百49-28	乳化严重	8.0	1.2	84.5	9.5	1.4	86.3	121	25
	百56-6	结蜡严重	3.7	0.5	85.0	3.9	0.9	77.3	210	59.3
	百56-14	结蜡严重	3.5	0.7	79.0	4.2	0.8	85.5	92	9
雷公	雷4-6	乳化、结蜡	5.3	0.7	86.8	6.1	1.0	83.0	90	34.8
	雷2-4	乳化、结蜡	4.8	0.6	81.0	8.6	1.7	80.3	100	68.9
	雷5-13	乳化严重	8.0	1.4	82.5	7.7	1.6	81.8	61	12.2
	雷6-11	油井出砂	4.3	2.1	57.7	6.0	2.2	67.0	50	5
花茶	仓34	结蜡严重	2.5	0.4	86.0	2.8	0.4	85.5		0
那坤	坤10-3	结蜡严重	1.5	1.2	17	1.4	1.1	20.5		0

由表2可见,效果最好的井为雷2-4井,该井实施生物酶解堵后含水变化不大(在80%~82%),产液量由4.8t/d上升至8.6t/d,产油量由0.6t/d上升至1.7t/d,其生产曲线如图2所示。

应用效果分析如下:

① 在百色的5个油田上应用生物酶解堵,其中地层能量充足的3个油田达到选井要求的井均有效。

② 生物酶解堵对于乳化严重的井效果最好,对于出砂井和结蜡井也有一定的增油效果。

③ 仓34井与坤10-3井没有取得效果,主要原因是仓34井无对应注水井补充能量,地层能量过低;坤10-3井无效的主要原因是含水过低。

④ 到2005年1月止,累计增油270.6t,投入为32.5万元,产出为56.5万元,投入产出比为1:1.74,经济效益明显。

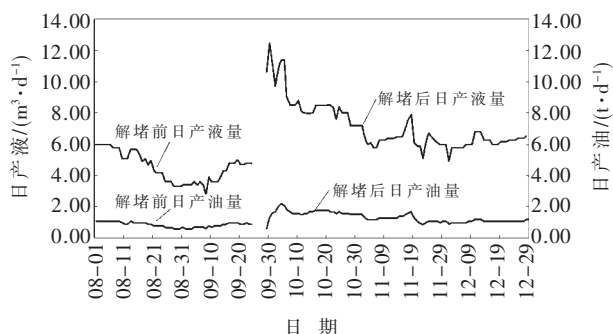


图2 雷2-4井解堵前后生产曲线图

7 几点认识

- ① 阿波罗生物酶解堵技术采用不动管柱施工方法,施工工艺简单;
- ② 生物酶解堵技术对于地层能量充足,含水

在50%~95%之间,油井由于乳化、结蜡及出砂造成产量下降的井均有效;

③ 生物酶解堵方法对于百色油田地层能量低的油井及含水低于50%的油井无效。

参考文献:

- [1] 沈治凯,陈兴武.阿波罗解堵技术在桥口油田的应用.特种油气藏,2004,11(1):69~71
- [2] 李传亮.油藏工程原理.北京:石油工业出版社,2005.84~87
- [3] 何更生.油层物理.北京:石油工业出版社,1994.177~180
- [4] 刘欣等.不动管柱酸化工艺在渤海油田的应用.石油钻采工艺.2004,26(5):47~49

(编辑 陈珏)

Application of Apollo Greenzyme Unblocking Technique in Baise Oilfield

Deng Zhengxian, Liang Yuan'an, Weng Gaofu, Sun Guijun, Ran Shaomin

(Guangxi Oil Production Plant, SINOPEC Southwest Oil & Gas Company, Guangxi Tiandong 513500)

[Abstract] It is serious in Baise oilfield that partial oil wells make sand flow, emulsification and wax deposit with formation plugging in oil layers. Conventional acidizing treatment can not be used in some oil wells because of the bad well condition and sand production. So Apollo Greenzyme unblocking techniques are introduced to apply in Baise. This paper gives a way of operating with original production string after analyzing and discussing the working mechanism of Greenzyme unblocking agent, 14 experiments are done including 13 wells, of which 12 get the effect of unblocking and the increasing oil production. The efficiency of stimulation is 85.7% and the incremental oil arrives at 270.6t. Since the investment is 325000 yuan and the incoming is 565000 yuan, the input/output reaches 1:1.74.

[Keywords] greenzyme; unblocking; experiment; Baise oilfield

· 广告目次 ·

- 封面:中国石化化工销售分公司
- 封底:中国石油天然气集团公司
- 封二:奥林能源上海代表处
- 封三:中国石化出版社
- 前插1:宁波西格里信远石墨有限公司
- 前插2~3:沙特石油有限公司北京代表处

- 前插4:上海锐迈法兰有限公司
- 前插5:中国船舶重工集团公司第七一一研究所
- 后插1:《中外能源》杂志社
- 后插2:第三届亚洲天然气高层峰会
- 后插3:2007天然气高效利用专题研讨会
- 后插4:中国石化化工销售分公司