

油田注水层杀菌解堵的综合处理*

王修垣 毛桂震 宋沛然

(中国科学院微生物研究所,北京)

在注水采油过程中,微生物对注水油层的堵塞问题在 50 年代初就引起了注意。一些研究工作者在室内模拟试验条件下证实,注入水中的微生物菌体是造成地层堵塞的重要因子^[1,2]。另一些研究工作者在研究微生物在含油层中的活动规律时查明,油田注水后,微生物的活动,特别是硫酸盐还原菌的活动加强了,不仅增加了 H₂S 形成的强度、引起采油设备的腐蚀,而且形成黑色 FeS 和白色碳酸钙沉淀,堵塞地层^[3-5]。因此我们对玉门老君庙油田 L 层注水后的微生物活动状况进行了研究^[6]。结果表明,在注水井近井底带半径 5.4—9.4 米的范围内,为微生物的活泼发育区。东南边部的注水井,排出的水又黑又臭,注水量明显下降,有些注水井采用油田常规的修井工艺见不到效果。为此,我们拟定了杀菌、解堵的综合处理工艺,进行了现场试验。本文报道所得到的结果。

施 工 工 艺

一、微生物和化学分析

排液取样,定量分析水中硫酸盐还原菌、腐生菌、液体石蜡氧化菌等菌群的菌量和 H₂S、SO₄²⁻ 的含量,绘制其变化曲线^[6],见图 1。并按下式求得细菌活泼发育半径 r ^[4]:

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi h m \eta}}$$

式中, V = H₂S 含量不再增加时或硫酸盐还原菌菌量最高时的排液量(立方米), h = 注水层厚度(米), m = 注水层的孔隙度(%), η = 水的驱油系数。

在排液过程中,可将井底附近由于微生物活动以及淡水与地层水混合而产生的沉淀排出,解除一部分堵塞。

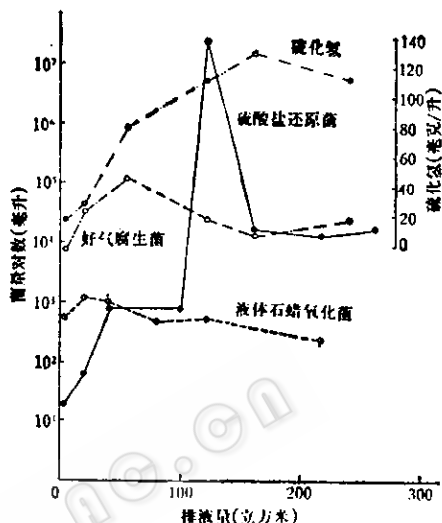


图 1 714 井 L₃ 层排出液中菌量和 H₂S 含量的变化

二、压入表面活性剂

将浓度 0.5% 的氨基苯磺酸钠压入地层中作用数小时后排出,以除去井底油污。

三、配杀菌剂

杀菌剂为 3% 盐酸和 0.1% 甲醛的混合物。配制量按细菌活泼发育半径的大小而定。盐酸可溶解硫化铁等沉淀物,即可解除部分堵塞,又可促进杀菌效果。甲醛作为杀菌剂。混合液注入地层作用 24 小时后,排液检查杀菌效果。

试 验 结 果

在试验阶段,先选一口注水井 L261 进行施工。该井采用注酸工艺未能解除堵塞。在注水初期,注水量 50M³/天,数月后压力逐渐升高注水量减少到 8M³/天,直至压力 90 大气压,注不进水。该井 L₃ 层排出液的微生物分析表明,硫酸盐还原菌菌量由最初的 1.2 × 10⁴/ml,到排

* 协作单位:玉门油田采油科学研究所。马序忠、陶近飞和孙峰玉同志参加部分工作。

出液 193M³ 时上升到最高量大于 2.5×10⁶/ml。硫化氢含量由 60mg/L 上升到最高 100mg/L 左右,细菌活泼发育半径为 8.0 米。采用杀菌解堵综合处理工艺后,注水时压力为零,控制注水量为 50M³/天,稳定注水二个月后,因注水量大,淹了周围的采油井而被迫关井。从而证实了综合处理的有效性。继之,采用此工艺处理了 27 井次,只有 1—2 口井未见效果。现将结果分述如下。

一、盐酸不同用量效果的比较

盐酸的作用主要是溶解 FeS 等沉淀。我们试图根据各注水井排出液中菌量和 H₂S 含量的高低,探讨节约盐酸的可能性,拟定了二种方案,见表 1。并按照细菌活泼发育半径计算出注入杀菌剂的总液量,分二次注入地层,每次液

表 1 在甲醛-盐酸混合液中盐酸的用量

用量(%) 注入次数	方案	I	II
		HCl3 + HCHO0.1	HCl3 + HCHO 0.1
1			
2		HCl3 或 1.5 + HCHO0.1	HCHO 0.1

量大约各占一半。
用方案 I 和 II 分别处理四口井。比较表 2 所列资料可以看出,方案 I 的处理效果通常比方案 II 明显。

二、处理效果与注水层的菌量和有效渗透率的关系

硫酸盐还原菌、腐生菌和液体石蜡氧化菌在各注水井周围地层中活泼发育的程度不同,

表 2 杀菌、解堵综合处理工艺效果与一些因子的关系

井号	层位	油田上的位置	处理方式	有效渗透率 (毫达西)	最高菌量(毫升)			细菌活 泼发育 半径 (米)	处 理 效 果				
					硫酸盐还 原 菌	液蜡氧 化菌	腐生菌		修 前		修 后		
									压力 (大气压)	注水量 (立方米/ 日)	压力 (大气压)	注水量 (立方米/ 日)	有效期
L261	L ₃	东南边	I	1190	$>2.5 \times 10^6$	2.0×10^2	4.5×10^4	8.0	90	0	0	50	控制注水两月, 注水量大,停注。 控制注水 368 天后仍稳定。 274天后仍稳定。
714	L _{1,2}	东南边	I	656	$>2.5 \times 10^6$	3.5×10^3	5.0×10^3	7.5	100	0	25	70	
777	L _{1,2}	东南边	I	456					93	13	70	20	
761	L ₂	东南边	I	714	3.5×10^3	3.5×10^4	$>2.5 \times 10^6$	6.8	180	0	100	24	
756	L _{1,2}	东南边	II	350	5.0×10^3	9.5×10^3	3.5×10^4	6.8	98	16	85	22	
C121	L ₁	西边	II		3.5×10^4	1.7×10^3	5.0×10^3	11.5	100	32	98	60	172 天 控制注水110天
714	L ₁ *	东南边	II	269	3.5×10^4	3.5×10^3	$>2.5 \times 10^3$	8.4	91	12	82	15	
L23	L ₃	东南边	II		2.5×10^4	5.0×10^3	2.5×10^4	9.4	85	0	80	66	

* 杀菌处理后 14 个月测定

综合处理产生的效果也不同。表 2 说明,注水井周围菌量高、渗透性好的地层处理效果较好。

三、综合处理的效果

以 714 井和 777 井为例。714 井在投注后,进行过 3 次酸处理、2 次抽汲排液和压裂等多次处理,但有效期不长或无效。通过综合处理后效果明显,控制注水 368 天后仍能稳定注水。777 井在投注后,进行过多次喷射压裂、冲砂解堵等处理,均无效果。该井位于油田东南边部 L261 和 756 井附近,是细菌活泼发育的地

区。我们对此井进行了一次不排液、直接注入甲醛和盐酸混合液杀菌解堵的试验。结果表明,也得到了较好的效果,注水 274 天后仍在正常运转。

讨 论

在我国,对微生物堵塞及其腐蚀的危害,尚未引起足够注意。考虑到注水油层堵塞是物理、化学和微生物诸因子综合作用的结果,针对单一因子采取措施只能顾此失彼,我们拟定了把杀菌和解堵结合起来的综合处理工艺。经试

验证明,处理后注水井压力降低、注水量增加、稳定注水期延长。综合处理不仅适用于微生物活动已经发展起来的注水层,在微生物活动尚未发展的注水层,也可起到防止和延迟微生物活动发展的作用。

A. Д. Ли^[7]的工作证实,注水油层在杀菌处理后 9—12 个月,由硫酸盐还原菌、腐生菌和石蜡氧化菌等组成的生物群落就会重新在注水井近井底带聚集并发展起来。Е. П. Розанова 等^[8]指出,注水层的细菌活泼发育带可由注水井向其邻近地区逐渐扩展。Kalish 等^[9]根据菌体堵塞砂岩岩心的室内试验结果算出,当细胞量为 1×10^5 /毫升水时,砂岩层的堵塞大致需要 120—12,000 天,并提出了鉴别微生物堵塞的方法。我们的工作表明,老君庙油田东南边部注水地层中,细菌处于活泼发育状态。因此,有必要进一步研究微生物群落在注水井近井底带的形成周期,从而拟定适当的定期处理方案。其它油田也有必要本着防重于治的原则,对于

这方面的问题给予足够的重视。

参 考 文 献

- [1] Beerstecher, E.: *Petroleum Microbiology*, Elsevier, Amsterdam, 1954, 250—290.
- [2] Davis, J. B.: *Petroleum Microbiology*, Elsevier, Amsterdam, 1967, 444—470.
- [3] Розанова, Е. П., Кузнецов, С. И., Микрофлора Нефтяных месторождений. "Наука", Москва, 1974, 29—103.
- [4] Ли, А. Д.: Нефтепромысловое Дело, 7: 12—15; 8: 19—21, 1964.
- [5] Kuznetsova, W. A., *Vorträge des Internationalen Symposiums "Erdölmikrobiologie"*, ed. by Málek I. und Schwartz. W., Akademie-Verlag, Berlin, 1966, 73—79.
- [6] 王修恒、毛桂霞、宋沛然、谢树华、王先极、刘秀芳,生态学报, 1(1): 22—29, 1981.
- [7] Ли, А. Д.: Нефтепромысловое Дело, 2: 24—26, 1967.
- [8] Розанова, Е. П. и др. Микроб. 42(2): 347—353, 1973.
- [9] Kalish, P. J. et al.: *J. Petrol. Technol.*, 16: 804—814, 1964.