

油层注水杀菌、解堵的模拟试验*

周培瑾 王先极

(中国科学院微生物研究所,北京)

我国玉门老君庙油田许多注水井受细菌危害而堵塞^[1]。胜利油田三区油层因注入水中含 SO_4^{2-} 和硫酸盐还原菌,注水进入地层后 SO_4^{2-} 完全消失,菌体大量增殖,对注水井造成危害,所以研究把注入水中的微生物基本杀灭,对维持稳定的注水能力、增加原油产量具有重要的意义。本文报道这方面的研究结果。

材料和方法

1. 菌种: 硫酸盐还原菌取样于水井排出液,富集培养后用试管厌气条件下分离单菌落。所用培养基为 Starkey^[2] 培养基。

2. 杀菌剂: 甲醛 (HCHO), 五氯酚钠 ($\text{C}_5\text{Cl}_5\text{ONa}$)、次氯酸钠 (NaClO)。均为市售的化学试剂。

3. 岩心: 取自胜利油田油层岩心。岩心用有机溶剂洗净,整个形状为圆柱形,并用树脂密封。柱体二端开孔,做为进、出水口,同时另在柱面上开一个孔。在注入水孔和柱面孔上分别安装压力表,以测定岩心模型的注水压力(外压)和内压。岩心体积为 $320-350\text{cm}^3$ 。

4. 分析方法: H_2S 的分析用亚甲基蓝光色比色法; SO_4^{2-} 的分析用 EDTA 络合滴定法; 甲醛的分析采用羟胺容量法。有效氯的分析采用硝酸银滴定法^[2]。

5. 模型: 模型 I 为渗透率 3205 mD 的岩心; 模型 II 为渗透率 3000 mD 的岩心; 模型 III 为渗透率 1343 mD 的岩心; 模型 IV 为渗透率 1318 mD 的岩心; 模型 V 为渗透率 1645 mD 的岩心; 模型 VI 为渗透率 1540mD 的岩心。

试验结果

一、注入水的地面杀菌

我们选用多种杀菌剂进行试验,其中以 HCHO、 $\text{C}_5\text{Cl}_5\text{ONa}$ 和 NaClO 三种药剂具有易

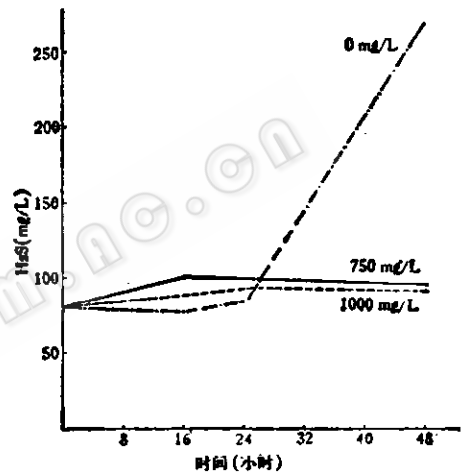


图1 甲醛杀菌试验结果

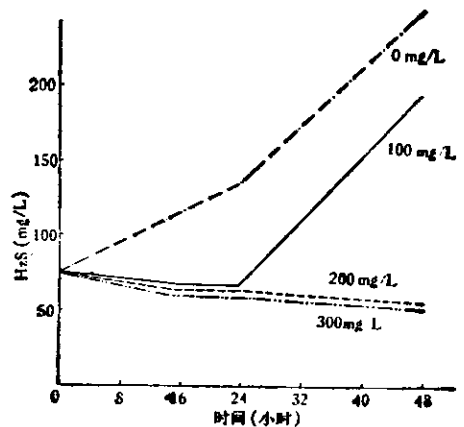


图2 五氯酚钠杀菌试验结果

* 协作单位为胜利油田地质研究所。

得、价格便宜、水溶性好的优点。故在以下试验采用这三种药剂。

灭菌后的 Starkey 培养基接入硫酸盐还原菌,分装成若干组,各组定量加入杀菌剂后保温培养。测定 H_2S 产生量,判断杀菌效果。结果见图 1—3,图中数字为杀菌剂浓度。

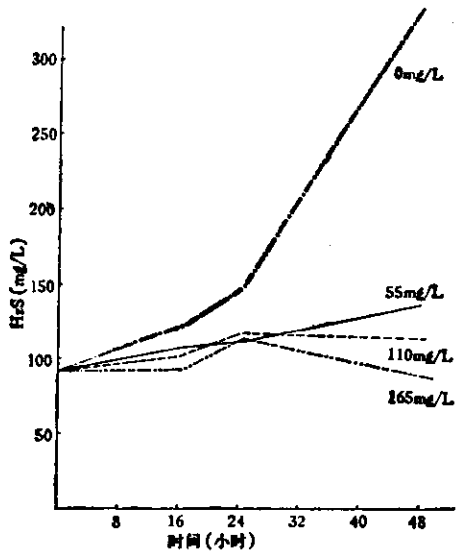


图 3 次氯酸钠杀菌试验结果

图 1—3 表明,注入水中分别含有 750mg/L $HCHO$ 、300mg/L C_6Cl_3ONa 或 110mg/L $NaClO$ 是杀菌的有效浓度。 C_6Cl_3ONa 在碱性溶液中易

与 Ca^{2+} 离子生成白色 $(C_6Cl_3O)_2Ca$ 沉淀。 $NaClO$ 是强氧化剂,对金属有腐蚀作用,在金属管道中使用时需添加缓蚀剂。

二、细菌堵塞岩心的解堵

解除注水油层中微生物细胞和有机物质堆积而造成的地层堵塞,常用的方法是用盐酸-甲醛混合液杀菌解堵。此法能清除某些堵塞地层的无机物,区域性的杀死微生物,使油层注水能力得到部分恢复。但此法不能清除细胞残渣和因注水带入油层的非烃有机物质对油层的堵塞。Crowe^[4] 用 5% $NaClO$ 和 15% HCl 分两步处理受细菌残渣沉淀引起堵塞而使注水量下降的井,使原始渗透率恢复 85%。单用 $NaClO$ 处理仅能恢复渗透率 34%。我们模拟了细菌对岩心的堵塞和用不同工艺条件进行解堵试验。

试验开始时岩心注入经净化和脱氧的黄河水,水中接种硫酸盐还原菌(约 6mg 细胞干重/升)并投加 0.05% NH_4Cl 和 0.14% 乳酸钠,使细菌在岩心中发育,造成堵塞,再用不同方法进行解堵试验。

试验分三组:第一组采用模型 I 和 II 两个岩心。模型通过 1180 毫升水后,注水压力分别上升到 233 和 258 毫米汞柱。与此同时注水内

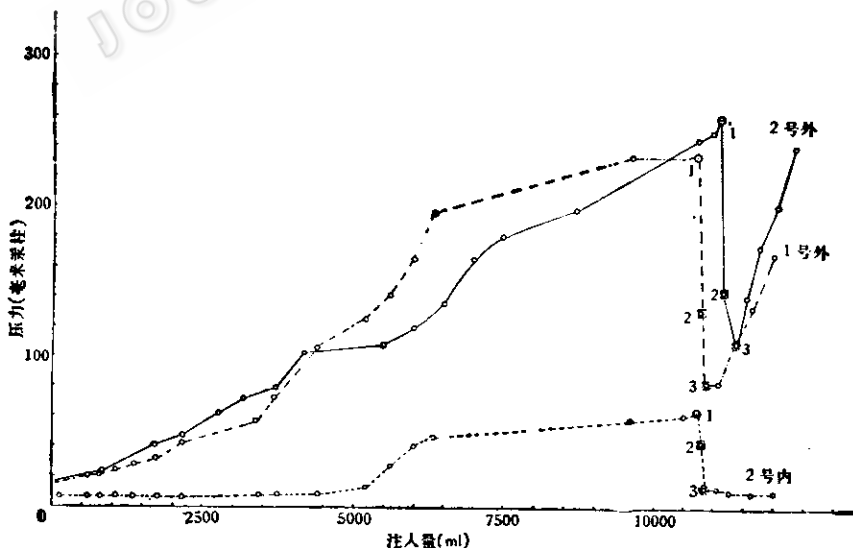


图 4 用盐酸和甲醛加盐酸处理细菌堵塞的前后压力变化*

* 1号模型用甲醛和盐酸处理; 2号模型加盐酸处理。图中 1处为加处理剂; 2处为关井反应; 3处为转注清水。

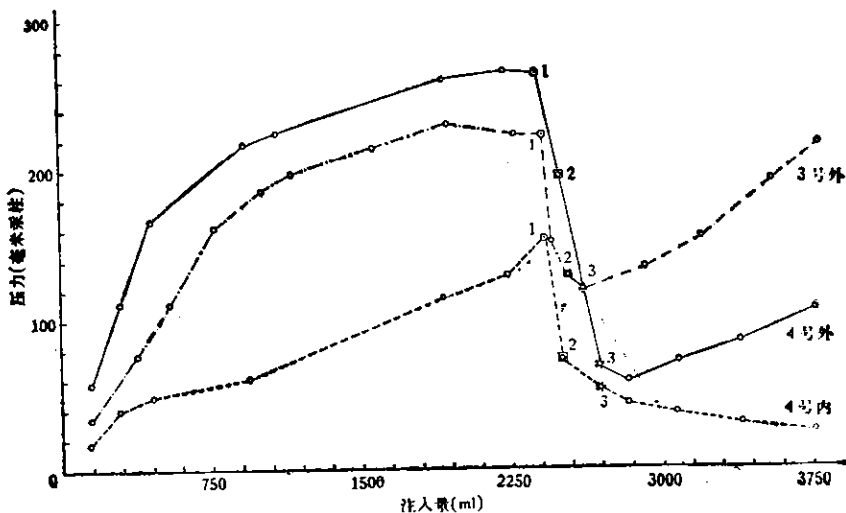


图5 用次氯酸钠、甲醛处理细菌堵塞前后压力变化*

* III号模型用甲醛处理; IV号模型用 NaClO 处理。图示同图4。

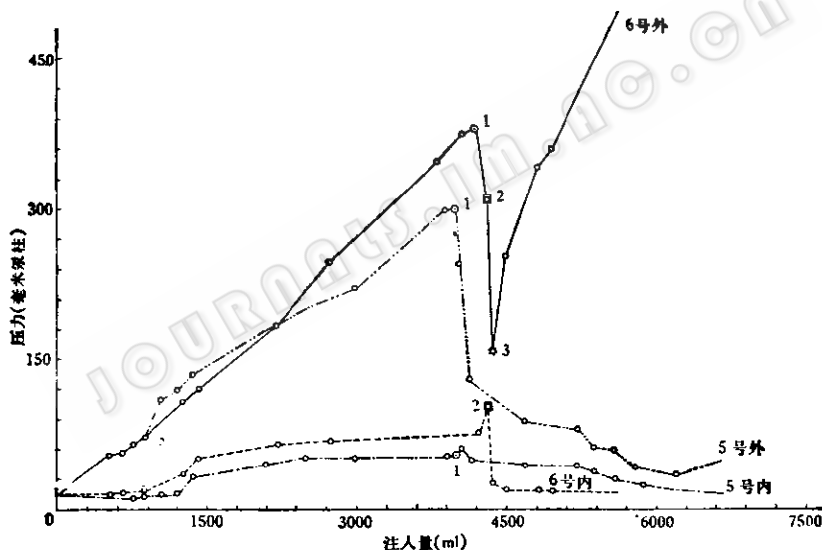


图6 用 NaClO 和甲醛+氯化铵处理细菌堵塞前后的压力变化*

* V号模型用 NaClO 处理; VI号模型用甲醛+氯化铵处理。图示同图4。

压相应增高。

模型 I 用 HCl-HCHO 混合液解堵。先使模型通过约 700 毫升的 HCHO (0.7%) 溶液, 停注反应 16 小时后再通过等体积 HCl (0.8%) 溶液, 停注一小时, 转注清水。此时模型的注水压力降低了 67.4%, 内压力降低了 97.8%, 几乎恢复到初始注水内压。

模型 II 仅用 HCl (0.8%) 溶液处理。停注

反应 16 小时后转注清水, 注水压力下降了 60%, 但转注清水后注水压力立即上升, 结果见图 4。

第二组试验采用模型 III 和 IV 的岩心, 当模型通过 2260 毫升水后, 模型 III 注水压力增加 6.6 倍, 模型 IV 的注水压力和内压分别增加 7.65 和 4.6 倍。用 3% NaClO 处理模型 IV, 处理方法同前, 见图 5。

图5表明,处理过程中内、外压力立即下降,转注清水后内压继续下降,几乎恢复到初始注水压力。用0.7% HCHO处理模型III,其效果与模型II相似,降低注水压力60%,但外压力回升较模型II慢。

第三组试验采用模型V和VI两个岩心。模型V通过约4000毫升水后,注水压力和内压分别增加20和3.8倍。模型VI通过约4400毫升水后注水压力和内压分别增加25.6和7倍。模型V交替注入NaClO(100mg/L)溶液和1% HCl共2400毫升(约需40小时),再转注清水。注水压力在转注清水前已降低93%,转注清水后内压恢复到初始注水压力。

模型VI用HCHO + NH₄Cl处理,两种化合物反应后生成盐酸和乌洛托品。

模型VI交替注入HCHO水溶液和NH₄Cl溶液,总体积为1800毫升(HCHO 46克, NH₄Cl 44克)。处理过程中注水压力下降,转注清水后

外压立即上升。具体结果见图6。

上述结果表明,用HCHO或HCHO + HCl处理的效果要比单用HCl处理的效果好,能维持较长时间的稳定注水量。NaClO是一种由菌体及有机物质引起油层堵塞的良好解堵剂。用NaClO不管是强处理(模型IV)还是弱处理(模型V),都可以得到良好效果。HCHO + NH₄Cl法与HCl法(模型II)效果相似。此法的优点是试剂在油层中化合而产生HCl,避免酸通过井筒造成管道腐蚀。

参 考 文 献

- [1] 王修垣等:生态学报 1(1): 22—29,1981。
- [2] 中国医学科学院卫生研究所:水质分析方法,人民卫生出版社,北京,第四版,1972年。
- [3] Starkey, R. L.: *Arch. Microbiologie* 9: 268—304, 1938.
- [4] Crowe, C. W.: *Producers Monthly* 32(8): 2—8, 1968.