

# BH-211 缓速酸增注技术及应用

黄春 侯广溪 孟翠珍

(胜利石油管理局)

本文介绍了BH-211缓速酸的配方研制、深部酸化机理和施工工艺技术及其增注效果。该配方既有缓速效果,又对粘土有较高的溶蚀能力及稳定粘土作用,有施工简便、效果好、有效期长等优点,特别适用于粘土含量高的硅质砂岩油藏增注和酸化。

主题词 BH-211 缓速酸 配方 增注 酸化 研究 应用

作者黄春,1964年生。1987年毕业于西南石油学院应用化学系油田化学专业,现任孤东采油工艺研究所油田化学室主任,助理工程师。侯广溪,1944年生。1969年毕业于北京石油学院采油专业,现任桩西采油工艺研究所副所长,工程师。孟翠珍,1952年生。1973年高中毕业,现在孤东采油工艺研究所工作。

水井增注就是解决水井的地层堵塞,打通流道,增加注水能力,维持油田注采平衡,提高最终采收率。目前常规酸化增注工艺存在酸反应速度快,有效作用距离短等缺陷,难以解决深部地层的堵塞问题。BH-211缓速酸增注技术是解决目前盐酸、土酸难以解决的粘土、钻井液等造成的地层深部堵塞问题,它特别适合于粘土含量高、泥质胶结的硅质砂岩油藏的水井增注,同时也可用于油井酸化。经现场试验和扩大应用取得了良好的经济效益,并于1990年9月通过胜利石油管理局科委组织的技术鉴定。1991年在孤岛、孤东油田进行大规模应用。

## BH-211 缓速酸酸化机理

BH-211缓速酸是以柠檬酸、柠檬酸铵和氟化铵组成的缓速酸液为主体,配以土酸和PA-F<sub>2</sub>粘土稳定剂。强酸(土酸)的存在抑制了柠檬酸的电离,土酸首先在近井地带反应,当土酸反应到一定程度后,柠檬酸开始电离,但由于柠檬酸铵的存在,它与柠檬酸组成缓冲溶液,使酸液中H<sup>+</sup>保持低浓度,从而使HF也相应保持低浓度,这种低浓度的HF大大限制了酸与岩石的反应速度,实现地层的深部酸化,而且缓冲溶液的pH值较长时间地保持在较低范围,有利于对粘土等矿物的溶解。柠檬酸是一种很好的螯合剂。PA-F<sub>2</sub>对粘土有很好的稳定作用。

## 室内试验

### 一、药品及评价方法

药品:柠檬酸、柠檬酸铵、氟化铵、氢氟酸等均为分析纯,盐酸为化学纯,粘土稳定剂为工业

品,岩心的粒度为0.2~0.8mm,岩心成份见表1。

评价方法:用电光分析天平称取0.2~0.8mm的岩心2g,置于50mL塑料杯中,加入酸液并在50℃恒温水浴中反应后过滤、烘干、称重,计算不同条件下岩心溶蚀率,画出溶蚀率曲线,以此评价酸液性能。

表1 X射线衍射粘土及全岩矿物成分

井号	层位	井深(m)	岩性	粘土矿物相对含量(%)					全岩矿物组成(%)				
				I+S	I	K	Ch	I/S	粘土矿物	石英	钾长石	斜度石	其它
孤岛中25-K5	G3	1190~1196.52	泥岩	84	6	7	3	70	56	23	6	9	6

注:I+S——蒙脱石+伊利石混合组成;I——伊利石;K——高岭石;Ch——绿泥石;I/S——混合组成(I+S)中膨胀层比率。

二、酸液配方

BH-211缓速酸由柠檬酸、柠檬酸铵、氟化铵混合而成。现场使用时配以土酸和PA-F<sub>2</sub>粘土稳定剂。按上述评价方法进行评价,结果表明:当柠檬酸、柠檬酸铵、氟化铵以2:1:1的摩尔浓度等体积混合时有最大溶蚀率。

三、BH-211缓速酸加土酸及加盐酸、土酸溶蚀率的比较

如图1中A为30mL BH-211缓速酸对岩心溶蚀率与反应时间(t)曲线,B为15mL BH-211缓速酸与15mL土酸(3%HF+12%HCl)混合酸液的溶蚀率与反应时间(t)关系曲线。图2为盐酸(12%HCl)和土酸的溶蚀率曲线。

由图1可见,A曲线随着时间的延长,溶蚀率增加,反应速度都很慢(需反应24h以后才

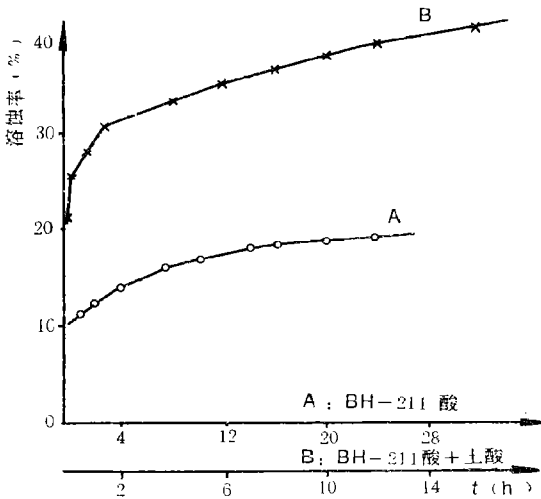


图1 50℃下BH-211酸及BH-211酸+土酸溶蚀率与反应时间(t)关系曲线

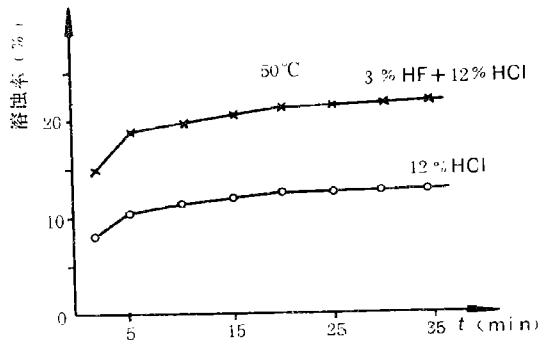


图2 盐酸、土酸溶蚀率与反应时间(t)关系

结束); B 曲线在最初半小时内, 溶蚀率上升快, 反应速度快, 反应 1 h 后, 溶蚀率缓慢增加, B 曲线基本与 A 曲线相平行。所以土酸的加入并不影响缓速酸的反应, 只是加快了最初的反应速度, 提高了岩心的溶蚀率。土酸首先在近井地带反应, 这为 BH-211 酸在深部地层反应创造了更有利的条件。由图 2 可见, 盐酸的反应速度很快, 特别是最初几分钟, 反应剧烈, 溶蚀率上升快, 20min 反应结束。试验表明: BH-211 缓速酸有很好的缓速性能; 盐酸、土酸无缓速性能。

#### 四、温度对 BH-211 缓速酸反应的影响

BH-211 缓速酸在不同温度下的溶蚀率与反应时间关系见图 3。

由图 3 可见, 温度较低时, 反应速度慢, 溶蚀率增加少。当温度较高时, 反应速度快, 如 80℃ 时反应到 4 h, 溶蚀率基本不再增加。较理想的温度是 50~80℃。

#### 五、pH 值对 BH-211 缓速酸溶蚀率的影响

其影响试验结果见表 2。

表 2 pH 值对 BH-211 溶蚀率的影响

BH-211 酸量 (mL)	反应前岩心重 (g)	反应时间 (h)	反应温度 (℃)	失重 (g)	pH 值	溶蚀率 (%)
30	2.013 6	6	50	0.313 1	4	15.8
30	2.015 6	6	50	0.232 2	5	11.5
30	2.026 8	6	50	0.199 8	6	9.8
30	2.025 3	6	50	0.102 2	7	5.0
30	2.034 6	6	50	0.099 3	8	4.9

注: 用加氨水方法调 pH 值。

由表 2 可见, BH-211 缓速酸的 pH 值在 3.5~4.0 之间, 随着 pH 值的增加, 溶蚀率降低, 当 pH>6 时, 溶蚀率下降幅度较大。BH-211 缓速酸反应到 36h 后仍能保持 pH 值在 4 以下。保持较强的活性。

### 现场试验及应用

孤东、孤岛油田都是河流相沉积的疏松砂岩油藏, 粘土含量高, 以泥质胶结为主(见表 1)。在注水开发过程中, 有许多深部堵塞的井, 多次用盐酸、土酸增注无效, 或效果差, 后采用 BH-211 缓速酸配以土酸和 PA-F<sub>2</sub> 处理, 结果就具有反应速度慢、施工简单、增注效果显著、成功率高、有效期长和对设备腐蚀轻等优点。该成果于 1990 年(鉴定前)在孤东、孤岛试验 10 口水井, 成功率达 100%, 平均有效期在 300 天以上。鉴定后(1991 年)在孤东、孤岛两油田, 共施工水井 30 井次, 成功率达 95%。收到了较好的

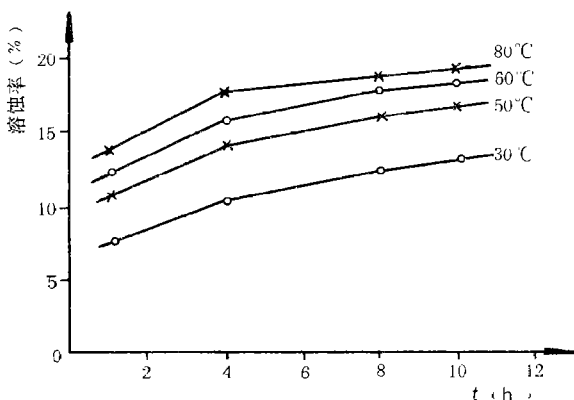


图 3 不同温度下 BH-211 酸溶蚀率与反应时间(t)关系

经济效益。

### 一、BH-211 缓速酸增注施工工艺

1. 选井条件 应选具有一定吸水能力的欠注井或停注井;应选以泥质胶结的砂岩油层及油水井之间连通性好的井;应选主要是粘土、钻井液等造成深部堵塞的井。

2. 现场配方及酸液用量 酸液用量按  $Q = \pi r^2 h \rho$  计算,式中  $Q$  为酸液总用量,  $r$  为酸化半径,  $h$  为油层有效厚度,  $\rho$  为孔隙度。柠檬酸  $46.0\text{kg}/\text{m}^3$ , 柠檬酸铵  $27\text{kg}/\text{m}^3$ , 氟化铵  $4\sim 4.5\text{kg}/\text{m}^3$ ; PA-F<sub>2</sub> 粘土稳定剂浓度 2%, 用量为总酸液量的 1/3; 土酸液为 8%~12% HCl+3% HF, 用量是总酸液量的 1/3。以上三者之和即为总酸液量。

3. 酸液的配制 将固体药剂倒入玻璃钢池内, 按设计要求加水溶解;待固体药剂溶解后, 按设计要求加入土酸和稳定剂 PA-F<sub>2</sub>; 再加入其它添加剂(如缓蚀剂等)混合均匀即可。

4. 施工步骤 探砂面冲砂至人工井底, 按设计下施工管柱;测注水指示曲线;按配方顺序配制酸液;正替活性水;正挤活性水;正挤酸液;正挤活性水顶替;改干线投注,待注水正常后测注水指示曲线。

### 二、BH-211 缓速酸增注现场应用

BH-211 缓速酸增注研究于 1990 年 9 月 13 日通过了胜利石油管理局科委组织的技术鉴定。鉴定会对 BH-211 缓速酸及其增注工艺给予了较高的评价,认为它能解决目前盐酸、土酸难以解决的粘土及钻井液污染等造成的水井深部堵塞,适合于粘土含量高,泥质胶结的砂岩油藏的增注与酸化。

BH-211 缓速酸自 1989 年 8 月投入现场应用以来,先后在孤岛和孤东两个油田推广应用,截止到 1991 年底,共施工 42 口井,其中油井 2 口,水井 40 口,据不完全统计,累计增注水  $33.75\text{万 m}^3$ ,对应油井增油 6.8 万 t,平均有效期 300 天以上,最长的已达 765 天,目前仍然有效。

采用 BH-211 缓速酸增注的井,多数都是经盐酸、土酸多次处理无效或效果甚微的不吸水井。例如孤岛油田 S5-11 井,于 1987 年 6 月转注以来,曾多次用盐酸和土酸处理无效,于 1987 年 12 月 28 日用 12% HCl+3% HF  $24\text{ m}^3$  处理又无效,于 1988 年 10 月 25 日用稀盐酸处理无效,然后又用 8% HCl+3% HF 土酸加 PA-F<sub>2</sub> 处理后油压 10.2 MPa,日注水  $29\text{ m}^3$ ,仅注水 3 天,不吸水而关井。该井于 1989 年 4 月 3 日用 0.5% HCl 再次处理仍然不吸水,关井半年后,于 1989 年 10 月 27 日用 BH-211 缓速酸处理后,在 10.7 MPa 油压下日注水  $137\text{ m}^3$ ,有效期 153 天,累计增注水  $15578\text{ m}^3$ 。这样的井例有很多,这里不再一一赘述。仅 1991 年度在孤东油田推广 23 口水井,成功率达 95%,累计增注  $122263\text{ m}^3$ ,对应见效油井 30 口,累积增油 25 519 t,获纯利 276 万元(详见表 3)。两口油井和部分水井的酸化及增注效果见表 4 和表 5。

表 3 孤东油田 1991 年增注效果

统计井次	成功井次	成功率 (%)	累计增油 (t)	累计增注 ( $\text{m}^3$ )	作业费 (万元)	药品费 (万元)	原油折价 (万元)	回收利润 (万元)
20	19	95	25 519	122 263	27.6	46	349.6	276

注:施工 23 井次,其中 3 口井没有统计。

表 4 两口油井 BH-211 缓速酸酸化效果

井号	施工日期 (年、月、日)	施工前产量(t/d)		施工后产量(t/d)		日增油 (t)	累计增油 (t)	累计有效天数 (d)
		液	油	液	油			
KD6-26	1991. 2. 6	11.5	4.9	61.1	13.2	8.3	1 525	228
6-31-523	1991. 1. 4	5.3	4.3	12.9	10.2	6.0	562	155

注: 两口井都继续有效。

表 5 部分水井 BH-211 缓速酸增注效果

井号	施工日期 (年、月、日)	配注 (m <sup>3</sup> /d)	增注前		增注后		日增注 (m <sup>3</sup> )	累计有效天数 (d)	累计增注 (m <sup>3</sup> )
			油压 (MPa)	日注 (m <sup>3</sup> )	油压 (MPa)	日注 (m <sup>3</sup> )			
KD6-19	1991. 1. 25	200	13.5	0	13.0	212	212	324	55 821
3-17-29	1991. 8. 16	170	10.0	117	10.0	220	103	121	10 069
8-24-K14	1991. 8. 23	260	10.0	19	10.0	116	97	153	13 279
3-14-28	1989. 8. 8	100	11.9	0	12.3	60	60	515	22 482
7-36-435	1989. 9. 30	210	11.0	0	11.0	197.7	197.7	717	108 057
4-10-16	1989. 9. 19	100	10.5	0	11.0	51	51	765	42 208
4-16-18	1989. 10. 23	160	14.0	0	12.0	163	163	718	60 956
6-28-435	1989. 11. 20	80	10.5	0	8.7	60	60	469	48 398
28-K12	1989. 9. 29	180	7.0	36	8.6	178	142	354	17 256

以上各表数据统计到 1991 年 12 月 31 日。

## 结 论

1. BH-211 缓速酸能有效地实现砂岩油藏的深度酸化, 加入土酸和稳定剂后, 可大大提高酸化效果。
2. BH-211 缓速酸对粘土含量高和泥质胶结的砂岩油藏增注增产效果显著, 有效期长。

(本文收到日期, 1992 年 4 月 27 日)

[本文责任编辑 应硕源]

参 考 文 献 (略)