

◀ 油气开采 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2012.05.018

蒸汽驱稠油井防汽窜高温凝胶调堵体系试验研究

张 弦¹, 王海波², 刘建英²

(1. 油气藏地质与开发工程国家重点实验室(西南石油大学), 四川成都 610500; 2. 中国石油吐哈油田公司, 新疆哈密 838202)

摘 要: 为了提高腐殖酸钠调堵剂在注蒸汽高温条件下的性能, 对控制汽窜高温凝胶调堵体系进行了研究。将腐殖酸钠进行硝化处理, 并辅以交联剂, 以具有较长的成胶时间和较高的成胶强度为标准, 考察了硝基腐殖酸钠、甲醛和间苯二酚的质量分数, 盐质量浓度及 pH 值对凝胶调堵体系性能的影响, 从而配制出具有耐高温性能的硝基腐殖酸钠凝胶调堵体系, 并通过试验对其性能进行评价。控制汽窜高温凝胶调堵体系的最佳配方为 1.5%~2.5% 甲醛+1.0%~2.0% 间苯二酚+8.0%~10.0% 硝基腐殖酸钠。该调堵体系具有很好的抗盐特性及耐高温性能, 质量浓度 10 000 mg/L NaCl 和质量浓度 4 000 mg/L CaCl₂ 对其性能影响不大, 最高可耐 290 ℃ 的高温。该调堵体系对不同渗透率的岩心都具有良好的封堵效果, 封堵率在 95% 左右, 能选择封堵高渗透层, 起到调剖堵水的作用。这表明该凝胶调堵体系能封堵高渗透层, 起到调剖的作用, 能满足蒸汽驱稠油井防汽窜的要求。

关键词: 防汽窜 蒸汽驱 硝基腐殖酸钠 剖面调整 堵水

中图分类号: TE358 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2012)05-0082-06

Experimental Study of High-Temperature Resistant Gel System for Anti-Steam Channeling in Steam Flooding Heavy Oil Well

Zhang Xian¹, Wang Haibo², Liu Jianying²

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration (Southwest Petroleum University), Chengdu, Sichuan, 610500, China; 2. PetroChina Tuha Oilfield Company, Hami, Xinjiang, 838202, China)

Abstract: In order to improve the performance of sodium humate plugging agent at high temperature, high-temperature resistant gel system for steam channeling control was studied. Sodium humate was nitrified and associated with cross-linking agent with sufficient gel time and sufficient gel strength. Taking into account the impacts of mass fraction of sodium nitro-humate, formaldehyde and resorcinol, salts concentrations and pH value, the composition of high-temperature resistant gel system was optimized and its properties were evaluated through experiments. The optimum formula of the gel system was composed of 1.5%~2.5% formaldehyde, 1.0%~2.0% resorcinol and 8.0%~10.0% sodium nitro-humate. The mass concentration of NaCl and CaCl₂ of the gel system were 10 000 mg/L and 4 000 mg/L, respectively. It has the characteristics of salt resistance and high temperature tolerance as high as 290 ℃. The gel system has good plugging effects for the cores with various permeabilities and its plugging ratio is approximate to 95%. It is capable of selectively plugging highly permeable zones and functioning effectively for profile control and water shutoff, which demonstrates that the gel system completely meets the demands of anti-steam channeling in the process of steam injection.

Key words: anti-steam channeling; steam flooding; sodium nitro-humate; profile control; water shutoff

稠油区块大多属于疏松砂岩油藏, 由于受油藏非均质性、渗透率变化和原油性质差异等因素的影响, 在稠油热采过程中, 注入的高温蒸汽趋向于在大孔道、高渗透层中形成窜流, 导致吸汽剖面不均匀, 降低了蒸汽利用率和体积波及系数^[1]。此外, 随着生产的进行, 部分区块高、低渗透层动用程度差异加大, 汽、水窜状况日趋严重, 注汽开发效果变差^[2]。

收稿日期: 2011-12-01; **改回日期:** 2012-08-06。

作者简介: 张弦(1983—), 女, 贵州毕节人, 2005年毕业于长江大学石油工程专业, 2008年获大庆石油学院油气田开发工程专业硕士学位, 2011年获东北石油大学油气田开发工程专业博士学位, 主要从事提高油气采收率技术研究工作。

联系方式: (028)83032149, zhangxianer@163.com。

基金项目: 国家科技重大专项“提高稠油蒸汽驱效率技术”(编号: 2008ZX05012-001)部分研究内容。

利用化学剂封堵水流通道,调整蒸汽注入剖面,是提高蒸汽驱波及效率的有效方法之一^[3-5],但对于蒸汽驱高温地层,尤其是近井地带,有时要求堵剂能耐受 280 ℃ 以上的高温。而常用的高温调堵剂(表面活性剂、树脂类、改性橡胶、胶质水泥等),不但耐高温能力有限,而且施工复杂,成本较高。

腐殖酸热稳定性好,含有不饱和键,其水溶液可与某些化学剂交联形成凝胶。经调查发现腐殖酸经磺化或硝化处理后其热稳定性进一步增强^[7-8]。因此,笔者研究了以硝基腐殖酸钠作为主剂的高温调剖封堵体系,首先通过室内试验优化了高温调剖封堵体系的配方,然后对其性能进行了评价。

1 硝基腐植酸结构及成胶机理

腐殖酸是一种天然有机物,具有弱酸性、吸水性、胶体性、吸附性、离子交换性、络合性、氧化还原性及生理活性等性质。腐殖酸的相对分子质量为 $10^2 \sim 10^6$,难溶于水,但可与碱反应,生成水溶性的腐殖酸盐。腐殖酸不具有某种完整的结构和化学构型,是一种无定型的高分子化合物,由极小的球状质点聚集而成。腐殖酸是一种生物化学稳定性很高的化合物,分子中含羧基、酚羟基、醇羟基、酮基、甲氧基等多种活泼的含氧官能团^[9]。

硝基腐殖酸是腐殖酸经硝酸氧化的产物,氧化后腐殖酸中 $-\text{COOH}$ 增加, $-\text{OH}$ 和 $-\text{OCH}_3$ 减少,且引入大量的 $-\text{NO}_2$ 和 $-\text{NO}$,比原生腐殖酸具有更高的化学、生物活性和优良的胶体性质。

硝基腐殖酸分子结构上的酚羟基在甲醛的作用下,可发生结构单元之间的交联,生成类似于酚醛树脂的结构,其与酚醛预缩聚体溶液可以形成互穿网络结构,使生成的三维空间结构更加致密,而酚醛预缩聚体在高温下会形成酚醛树脂,其具有更高的强度和耐温性能。

2 硝基腐植酸钠凝胶调堵体系的制备

2.1 试验药品与仪器

试验所用药品主要有腐殖酸钠、盐酸、硝酸、甲醛、间苯二酚、 NaCl 、 CaCl_2 、 NaOH 和蒸馏水等。

试验仪器主要为电子天平、Brookfield 黏度计、恒温油浴锅、循环水多用真空泵、高温高压流变仪、水热合成反应釜等。

2.2 试验步骤

1) 硝基腐殖酸钠的制备。称取一定量的腐殖酸钠与稀硝酸按一定比例加入带搅拌器、温度计和回流冷凝装置的三口烧瓶中,加热至 90 ℃ 开始计时,恒温反应 3 h,反应结束后将产物过滤烘干,即得硝基腐殖酸钠。

2) 凝胶体系的制备。量取一定量的水倒入烧杯中,加入一定量的交联剂和硝基腐殖酸钠,然后将配制好的凝胶液移入到安瓿瓶中,最后将安瓿瓶放入预先设定好温度的恒温箱中加热,试验温度为 120 ℃。按上述方法可制备各种凝胶体系。

3) 胶凝反应时间测试。安瓿瓶在恒温油浴中加热一段时间后,取出观察其中的凝胶液是否丧失流动性。若已成胶且强度较大,则缩短加热时间;若尚未成胶,则延长加热时间,直到获得较为准确的成胶时间。

4) 凝胶强度测定。凝胶强度采取目测代码法和突破真空度法测定,兼以其他方法作为辅助。突破真空度法测定凝胶强度是将细玻璃管插入待测样品中,用针形阀调节真空瓶中的真空度,样品充满细玻璃管并开始移动时的真空度,即为凝胶强度。目测代码法是将盛有胶体的安瓿瓶水平放置进行观察,根据胶体的黏度、流动性和变形程度评价凝胶强度。目前国内外普遍采用文献^[10]中的标准评价调剖堵水体系的凝胶强度。

5) 耐温性能的评定。将所配制的凝胶体系移入 50 mL 的水热合成反应釜中,恒温反应一定时间后,观察胶体状态。如果胶体为刚性胶且无流动,则继续升温直到胶体出现脱水或是体积变小,此时的温度即为凝胶体系所能耐受的最高温度。

3 影响凝胶调堵体系性能的因素

3.1 交联剂甲醛质量分数

在硝基腐殖酸钠质量分数为 10%、交联剂间苯二酚质量分数为 2% 的情况下,在 120 ℃ 下考察甲醛质量分数对凝胶体系成胶时间和成胶强度的影响,结果见图 1。

由图 1 可以看出:随着甲醛质量分数的增大,凝胶液的成胶时间先增长后缩短,而胶体的强度则是逐渐升高;当甲醛质量分数为 2% 时,成胶时间最长为 19 h;当甲醛质量分数为 3% 时,胶体的强度较

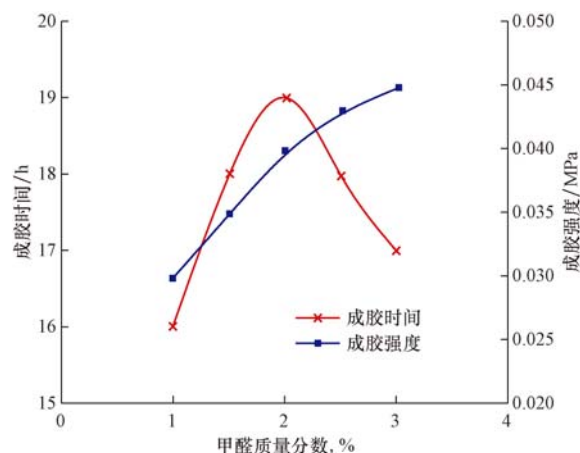


图1 甲醛质量分数对成胶时间和成胶强度的影响

Fig. 1 The effect of formaldehyde mass fraction on gel time and gel strength

高。因此,为保证凝胶体系有较长的成胶时间和较高的强度,甲醛质量分数选择1.5%~2.5%。

成胶强度随着甲醛质量分数的增大而增大,这是因为甲醛含量越多,与硝基腐殖酸钠分子结构上的酚羟基在结构单元之间交联的位置就越多,生成类似于酚醛树脂的结构就越多,其强度就越高。

3.2 交联剂间苯二酚质量分数

在硝基腐殖酸钠质量分数为10%、交联剂甲醛质量分数为1.5%的情况下,在120℃下考察间苯二酚质量分数对凝胶体系成胶时间和成胶强度的影响,结果见图2。

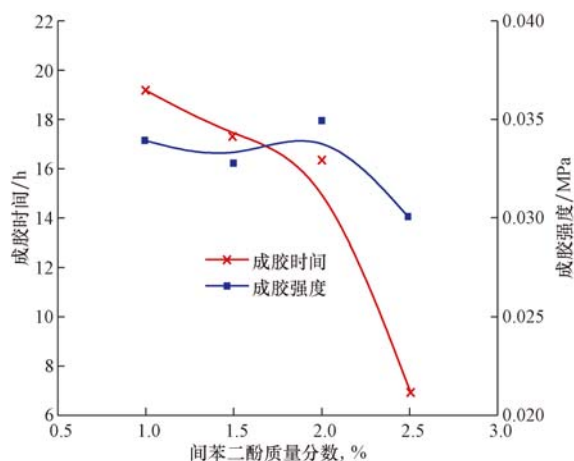


图2 间苯二酚质量分数对成胶时间和成胶强度的影响

Fig. 2 The effect of resorcinol mass fraction on gel time and gel strength

由图2可以看出:间苯二酚质量分数对成胶时间有较大影响,随着间苯二酚质量分数的增大,成胶时间缩短,当间苯二酚质量分数达到2.5%,成胶时

间迅速缩短至7 h;间苯二酚质量分数变化对成胶强度的影响不大,随着间苯二酚质量分数增大,成胶强度基本上都能保持在0.03 MPa以上。故间苯二酚质量分数初步选择1%~2%。

交联剂间苯二酚质量分数对凝胶体系成胶时间影响较大,说明间苯二酚在凝胶体系中起连接硝基腐殖酸钠和交联剂的作用,因此,随着间苯二酚质量分数的增大,凝胶体系成胶时间迅速缩短。从间苯二酚与甲醛在一定温度下反应生成的酚醛预缩聚体可以和类酚醛树脂结构形成互穿网络结构、使生成的三维空间结构更加致密的作用也可知道,在其用量较少的情况下,间苯二酚质量分数的变化对胶体的成胶强度影响不大。

3.3 硝基腐殖酸钠质量分数

根据上述试验结果,选用质量分数1.5%的交联剂甲醛,质量分数2%的交联剂间苯二酚,在120℃下考察硝基腐殖酸钠质量分数对凝胶体系成胶时间和成胶强度的影响,结果见图3。

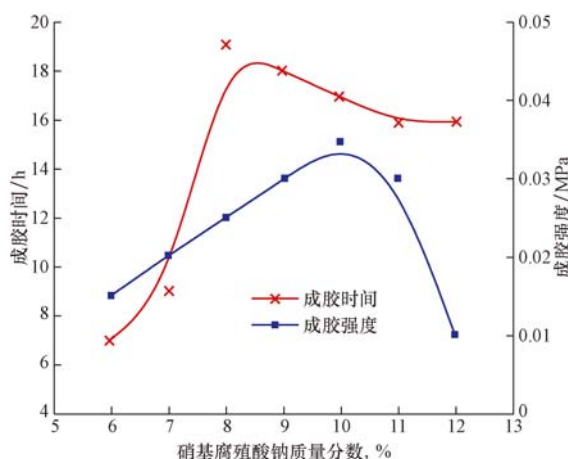


图3 硝基腐殖酸钠质量分数对成胶时间和成胶强度的影响

Fig. 3 The effect of sodium nitro-humate mass fraction on gel time and gel strength

由图3可以看出:硝基腐殖酸钠的质量分数小于7%时,其质量分数变化对成胶时间的影响较小,且成胶时间小于10 h;硝基腐殖酸钠的质量分数大于7%时,成胶时间由8 h迅速延长至18 h以上,但当硝基腐殖酸钠的质量分数大于8%时,成胶时间又有所缩短,但缩短幅度不大;硝基腐殖酸钠质量分数在6%~10%时,胶体的成胶强度呈升高趋势,当其质量分数大于10%时,胶体的成胶强度呈降低趋势。因此,硝基腐殖酸钠质量分数选

择 8%~10%。

硝基腐殖酸钠质量分数为 6%~10% 时, 胶体成胶强度呈升高趋势, 这是因为随着硝基腐殖酸钠质量分数的增大, 凝胶体系反应充分, 形成的结构稳定; 而其质量分数大于 10% 时, 成胶强度却呈降低趋势, 这可能是因为硝基腐殖酸钠质量分数过高, 一部分硝基腐殖酸钠未参加反应, 却滞留其中, 造成胶体的成胶强度有所降低。

3.4 盐质量浓度

按基本配方(10.0% 硝基腐殖酸钠 + 1.5% 甲醛 + 2.0% 间苯二酚) 配置凝胶体系, 随后加入不同质量浓度的盐, 在 120 ℃ 下考察盐对凝胶体系性能的影响, 结果见表 1 和表 2。

表 1 NaCl 质量浓度对成胶时间和成胶强度的影响
Table 1 The effect of mass concentrations of NaCl on gel time and gel strength

NaCl 质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	成胶时间/h	成胶强度
0	17.0	不脱水, 强度很大
1 000	14.0	不脱水, 强度很大
5 000	8.0	不脱水, 强度大
10 000	6.5	几乎不脱水, 强度较大
20 000	6.0	脱水量很少, 强度较大
30 000	6.0	脱水量较少, 强度较小
40 000	5.0	大量脱水, 强度小
50 000	5.0	大量脱水, 强度小

表 2 CaCl₂ 质量浓度对成胶强度和成胶强度的影响
Table 2 The effect of mass concentrations of CaCl₂ on gel time and gel strength

CaCl ₂ 质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	成胶时 间/h	成胶强度
0	17.0	不脱水, 强度很大
1 000	8.0	不脱水, 强度很大
2 000	7.0	几乎没有脱水, 强度较大
4 000	5.0	有少量脱水, 强度较大
6 000	4.0	脱水量较少, 强度较小
8 000	3.5	大量脱水, 轻轻摇晃便成碎块
10 000	3.0	大量脱水, 轻轻摇晃便成碎块

由表 1 和表 2 可以看出: 随着 NaCl 和 CaCl₂ 质量浓度的增大, 凝胶成胶时间都是逐渐缩短的, 当 NaCl 质量浓度低于 10 000 mg/L、CaCl₂ 质量浓度低于 4 000 mg/L 时, 盐质量浓度的变化对成胶时间影响不大; 当 CaCl₂ 质量浓度大于 8 000 mg/L 时,

凝胶液不成胶; 随着 NaCl 质量浓度的增大, 其成胶强度逐渐降低。

硝基腐殖酸钠本身具有较强的离子(尤其是对一些高价金属离子) 吸附功能, 当凝胶体系中盐质量浓度过高时, 硝基腐殖酸钠与大量的金属离子结合成球状, 加上扩散双电层以及空间阻力等作用, 使其不能与交联剂发生反应形成胶体。

3.5 pH 值

按凝胶体系基本配方配制基液, 考察 120 ℃ 下 pH 值对成胶时间和成胶强度的影响, 结果见图 4。

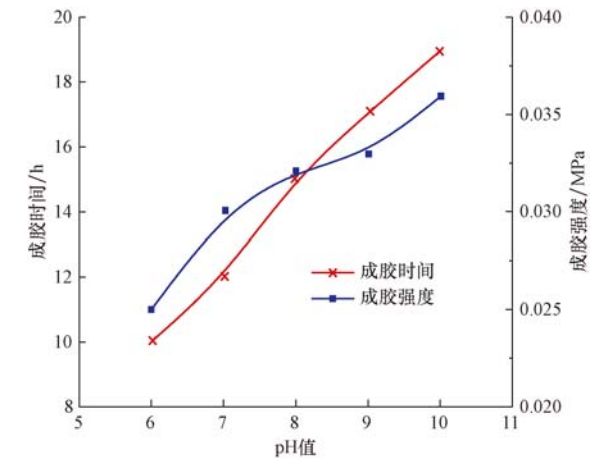


图 4 pH 值对成胶时间和成胶强度的影响
Fig. 4 The effect of pH value on gel time and gel strength

由图 4 可以看出: 成胶时间、成胶强度随 pH 值的增大而增大; 当 pH 值 < 5 时, 凝胶体系脱水结块严重, 不能成胶; 当 pH 值 > 10 时凝胶液也不成胶。综合考虑成胶时间和成胶强度 2 个因素, 确定凝胶液最佳成胶 pH 值为 7~9。这是因为在中性或偏碱性条件下, 有利于两交联剂之间相互作用以及交联剂与硝基腐殖酸钠之间的反应。pH 值越大, 硝基腐殖酸钠溶解度就越大, 使交联剂与硝基腐殖酸钠反应比较充分, 故成胶强度增大。pH 值增大使硝基腐殖酸钠以游离态的形式存在, 在其带负电性的含氧活性基团周围吸引着大量阳离子而形成扩散双电层, 使交联剂进攻这些基团时的阻力增大, 故成胶时间增长。该凝胶体系以硝基腐殖酸钠为主, 在酸性条件下, 不利于硝基腐殖酸钠的溶解, 因此, 该调堵体系不适于在酸性条件下使用。

3.6 凝胶体系的热稳定性

按凝胶体系基本配方配制基液, 将其置于 200 ℃

烘箱中恒温,定期测量凝胶强度,考察其热稳定性,结果见图5。

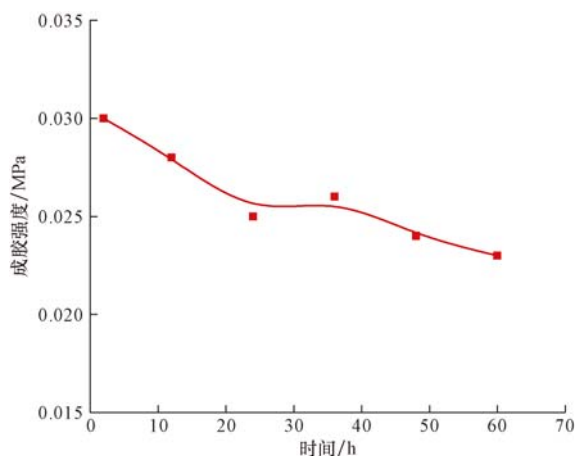


图5 热稳定性试验

Fig. 5 The thermal stability test

由图5可知,在200℃恒温下,成胶强度随时间的延长总体趋势是逐渐降低。温度升高,反应速率加快,故随着温度的升高,最优配方的成胶强度迅速降低,若温度过高,则胶体的结构就会逐渐遭到破坏,温度越高,时间越长,破坏的程度就越大,故其成胶强度逐渐降低。

按凝胶体系基本配方配制基液,将其凝胶体系置于不同温度的烘箱中加热48 h后测定凝胶强度,考察其耐温性能,结果见图6。

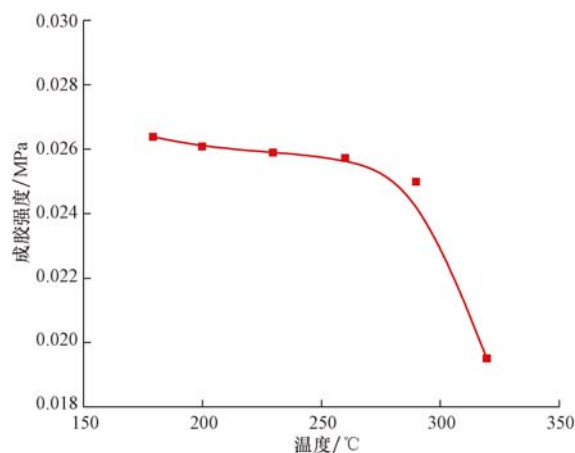


图6 硝基腐殖酸钠凝胶强度随老化温度的变化

Fig. 6 Gel strength of sodium nitro-humate changes with aging temperature

由图6可以看出,硝基腐殖酸钠可耐受的最高温度为290℃,超过此温度,其成胶强度急剧下降。因为硝基腐殖酸具有较高的化学、生物活性和优良的胶体性质,所以胶体耐温性能好。

4 封堵效果评价

用长30 cm、直径2.5 cm的一系列填砂岩心进行封堵试验,凝胶体系配方为10.0%硝基腐殖酸钠+1.5%甲醛+2.0%间苯二酚。试验步骤为:利用真空泵将填砂岩心抽空饱和水;测定渗透率 K_b ;注入凝胶体系并放入120℃恒温箱中保持24 h成胶;测定堵后渗透率 K_a 。采用式(1)计算封堵率,结果见表3。

$$\text{封堵率} = 100\% \times (K_b - K_a) / K_b \quad (1)$$

表3 填砂岩心封堵试验结果

Table 3 Experimental results of plugging rate of sand packed model

试验编号	孔隙度, %	气测渗透率/mD	水测渗透率/mD		封堵率, %
			堵前	堵后	
1	33.6	2 430	150.2	2.1	98.60
2	32.3	1 750	127.9	3.8	97.03
3	29.8	960	60.7	1.6	97.36
4	29.1	650	39.7	2.1	94.70
5*	34.9	2 610	165.1	6.3	96.18
6*	28.7	350	21.4	20.3	4.94

注: * 表示并联注入堵剂。

由表3可以看出:硝基腐殖酸钠凝胶体系对不同渗透率的岩心都有良好的封堵效果,封堵率在95%左右;在并联注入堵剂的试验中,硝基腐殖酸钠凝胶体系可优先进入高渗透率岩心对其进行封堵,而进入低渗透岩心的凝胶体系很少,对其产生的堵塞是极其轻微的。说明硝基腐殖酸钠凝胶体系能选择性封堵高渗透层,具有良好的调剖封堵作用。

5 结论与建议

1) 以硝基腐殖酸钠为主剂调配的调剖堵水体系具有很好的耐温性能和抗盐特性,能满足蒸汽驱防汽窜的要求。

2) 硝基腐殖酸钠凝胶调堵体系对不同渗透率的岩心都有良好的封堵效果,封堵率在95%左右,能选择封堵高渗层,起到调剖封堵作用。

3) 硝基腐殖酸盐廉价易得,耐温性好,在注蒸汽开发的稠油油藏中具有广阔的应用前景。但目前的研究只停留在室内试验阶段,建议在油田现场开展先导试验,以确定其应用价值。

参考文献

References

- [1] 凌建军,黄鹍. 国外水平井稠油热力开采技术[J]. 石油钻探技

- 术, 1996, 24(4): 44-47.
- Ling Jianjun, Huang Li. Horizontal well techniques for heavy oil recovery in foreign countries[J]. Petroleum Drilling Techniques, 1996, 24(4): 44-47.
- [2] 郭旭光, 谢建军, 李晓娜, 等. 稠油热采开发中后期提高注入蒸汽效果的探讨[J]. 河南石油, 2004, 18(增刊 1): 49-51.
- Guo Xuguang, Xie Jianjun, Li Xiaona, et al. Discussion of improving steam flood efficiency in the latter period of steamflood[J]. Henan Petroleum, 2004, 18(supplement 1): 49-51.
- [3] 曲兆选, 王桂勋. 乳化稠油选择性堵剂的室内研究[J]. 石油钻探技术, 2003, 31(4): 56-58.
- Qu Zhaoxuan, Wang Guixun. Lab tests of selective plugging agents for emulsified thickened oil recovery[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2003, 31(4): 56-58.
- [4] 黄翔, 张凤丽. 稠油油藏高温泡沫调剖体系室内实验研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(5): 116-118.
- Huang Xiang, Zhang Fengli. High-temperature foam profile control system for heavy oil reservoir in lab experiment[J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2007, 29(5): 116-118.
- [5] 宁丽华. 稠油油藏高温调剖技术[J]. 渤海大学学报: 自然科学版, 2009, 30(2): 110-114.
- Ning Lihua. High-temperature profile control technology for heavy oil reservoir[J]. Journal of Bohai University: Natural Science Edition, 2009, 30(2): 110-114.
- [6] 李远林, 王洁. SB-4 型高温调剖剂在稠油开采中的应用[J]. 油田化学, 1998, 15(1): 34-37, 41.
- Li Yuanlin, Wang Jie. High temperature profile modifier SB-4 for use in viscous oil production[J]. Oilfield Chemistry, 1998, 15(1): 34-37, 41.
- [7] 田世明, 杜丽宏. 硝化反应对泥炭腐植酸反应性官能团的影响[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2010, 15(1): 64-66.
- Tian Shiming, Du Lihong. Effects of nitrification reaction on reactive functional groups of peat humic acid[J]. Journal of Harbin University of Science and Technology, 2010, 15(1): 64-66.
- [8] 高子东, 李晶, 何小娟, 等. 用于低渗透油田的腐殖酸高温堵剂研究[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2008, 30(3): 131-135.
- Gao Zidong, Li Jing, He Xiaojuan, et al. Humic acid plug agent used in high-temperature and low permeable reservoir[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2008, 30(3): 131-135.
- [9] Gjessing E T. Physical and chemical characteristics of aquatic humus[M]. Ann Arbor: Ann Arbor Science Publishers, 1976.
- [10] Dovan H T, Hutchins R D, Sandiford B B. Delaying gelation of aqueous polymers at elevated temperatures using novel organic crosslinkers[R]. SPE 37246, 1997.

欢迎订阅 2013 年《石油钻探技术》

《石油钻探技术》创刊于 1973 年,是由中国石油化工集团公司主管、中国石化集团石油工程技术研究院主办的科技期刊,是全国中文核心期刊和历年中国科技论文统计源刊,被美国《石油文摘》、《中国石油文摘》和《中国地质文摘》等大量摘录。国内统一出版物号:CN11-1763/TE,国际标准连续出版物号:ISSN1001-0890。

《石油钻探技术》主要报道国内石油工程(包括钻井、钻井液、固井、完井、开采等专业)以及钻采机械设备与自动化方面的科技进展和现场经验,适当介绍国外石油工程技术发展的水平和动向本刊栏目为:专家视点、钻井完井、油气开采、钻采机械、现场交流、科技信息。适合于广大石油工程技术人员、石油类高等院校师生和油田企业经营者阅读。

《石油钻探技术》为双月刊,大 16 开版本,单月末出版。2012 年每期定价 15 元(含邮资费),全年 6 期共 90 元。自办发行,邮汇与电汇均可。欢迎有关单位和个人及时订阅,可破季订阅。订阅办法:

1. 登录本刊网站(<http://www.syzt.com.cn>)下载期刊订阅单,认真填写订阅单及汇款单,切勿潦草,以免因地址不详而无法邮寄。

2. 银行汇款:工行北京市海淀区支行,帐号 0200049629200702219,户名“中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院”,开户行代码 102100004960,并注明“期刊”字样。

3. 邮局汇款:北京市朝阳区北辰东路 8 号北辰时代大厦 710 室,邮编 100101,收款人:刘文臣。

联系电话:010-84988356,84988317;传真:010-84988316;E-mail: syzt@vip.163.com。