

油田水驱开发后的地层结垢实验 和防垢剂优选

涂 乙¹ 吴 萌² 罗辉利³

1. 中国石油大学(北京)石油工程学院, 北京 102249 2. 长江大学石油工程学院, 湖北 荆州 434025

3. 四川华油集团重庆凯源石油天然气有限责任公司, 重庆 400021

摘要:

针对无机碳酸钙垢对油田地层伤害程度的问题,进行了动态模拟实验研究,采用计算渗透率保留率 K/K_i 来判断结垢对地层的伤害程度,结果表明:当累计注入 100 倍孔隙体积溶液时,岩石渗透率下降幅度高达 16%~21%,说明无机垢对储层渗透率影响不能忽略。随后运用化学防垢剂防垢技术,进行了防垢剂筛选实验,其中 JPS-04、JPS-05 和 JPS-06 等有机膦酸型的防垢剂防垢效果明显,能有效地缓解结垢对地层的伤害程度,尤其是 JPS-06 防垢剂防垢效果最好。

关键词:

动态实验;渗透率;防垢剂

文献标识码:A

文章编号:1006-5539(2011)04-0057-02

0 前言

随着油田注水开发进入中后期,油田结垢通常会造造成生产管线或设备堵塞,增加修井作业次数,缩短修井作业周期;同时,结垢还易造成油层堵塞、产液量下降和能源浪费,阻碍了原油的正常生产,严重时还会造成抽油杆拉断,油井关井甚至报废,经济损失巨大^[1-3]。

国内外大量油田防垢实践表明,根据油田实际情况,对油田水结垢测定和防垢方法进行系统研究,采取相应的防治措施可减轻或消除结垢对油田生产的不利影响。针对结垢对油田地层的伤害问题,建立了动态驱替实验装置,通过室内模拟实验评价了结垢对渗透率伤害程度,进而有针对性地进行防垢剂筛选。油田防垢技术有很多种,分为化学法防垢技术、物理

法防垢技术和工艺法防垢技术^[4-7]。在众多的防垢方法中,由于添加化学防垢剂防垢技术具有成本低、效果明显的优点,被国内外油田普遍采用,因此,本文采取了化学防垢剂防垢技术来进行防垢剂的优选实验。

1 动态评价实验

根据调研资料,分析了研究油田区块水质数据,利用 Oddo&Tomson 饱和指数法预测得到:研究地区主要垢型为碳酸钙垢。下面就碳酸钙垢对地层的伤害程度进行实验评价。

室内模拟结垢动态评价实验,为了模拟的真实性,所选用岩心的渗透率与储层岩石的渗透率相近,主要是通过测定注水过程中岩心渗透率的变化,采用

收稿日期:

2011-03-12

基金项目:

国家大学生创新性实验计划项目《注水开发油田结垢对地层的伤害》(081048908)

作者简介:

涂 乙(1986-),男,湖北汉川人,在读硕士研究生,主要从事提高油田采收率和石油地质开发研究。

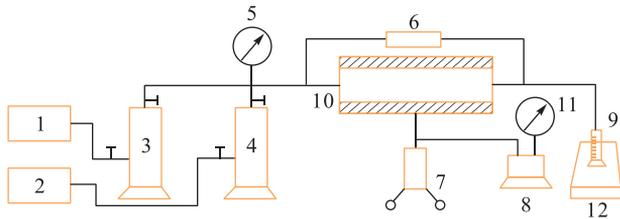


图1 岩心结垢模拟实验流程图

1,2.ISCO泵; 3,4.高压液体容器; 5,11.压力表; 6.差压传感器; 7.手动液压泵; 8.六通阀; 9.量筒; 10.岩心夹持器; 12.电子天平

体积流过量法来计算渗透率保留率,实验装置见图1。

结垢评价实验中所用的注入水是根据油田提供的注入水资料配制的,地层水也是严格按该区块的水质数据配制而成;首先将地层水与注入水以1:1的比例注入岩心,累计注入100倍孔隙体积混合溶液,待流动稳定后,测定岩心渗透率 K ,并与初始渗透率比较,计算出渗透率保留率 K/K_i 。表1中 K_i 表示地层水所测定的初始渗透率, K_2 表示将地层水与注入水以1:1的比例注入岩心100倍孔隙体积时的渗透率,结垢动态评价实验数据见表1。

表1 结垢动态评价实验数据

空气渗透率/ $10^{-3} \cdot \mu\text{m}^2$	$K_i/10^{-3} \cdot \mu\text{m}^2$	$K_2/10^{-3} \cdot \mu\text{m}^2$	K_2/K_i
2 260.3	871.8	732.16	0.84
1 563.2	596.3	483.04	0.81
906.5	421.9	333.3	0.79

表1表明了:当注入水和地层水混合液注入人造岩心后,在累计注入100倍孔隙体积范围内时,随着实验时间的增加,岩石渗透率下降了16%~21%,可以判断得知,无机垢对储层渗透率影响不能忽略,下一步将针对这种垢筛选防垢剂。

2 防垢剂的筛选

在现场实际生产中,由于地层水与注入水不配伍性导致产生结垢,结垢量累积过多造成了对油田地层有效孔隙、裂缝的堵塞,甚至在近井地带的井筒和管线中也有结垢生成,严重影响了油田生产量,降低了油田的采收率。因此,对结垢的防治十分必要,也是顺应油田开发需要。下面将进一步进行防垢剂的筛选评价实验^[4-7]。

采用化学防垢剂防垢技术来进行防垢剂的优选实验,在经过对100种防垢剂筛选的基础上,本部分实验选取了其中三种效果相对明显的有机膦酸型防垢剂JPS-04、JPS-05和JPS-06(廊坊紫光化工建材有限公司提供)。在地层水和注入水混配时分别单独加

入这三种防垢剂,实验方法见静态结垢评价实验,实验结果见表2。加入防垢剂后注入水体积百分比与结垢量的关系见图2。

表2 防垢剂评价结果表

项目	数值				
注入水体积百分比/(%)	10	30	50	70	90
空白	45	64	81	83	58
结垢量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					
JPS-04	27	31	40	38	32
JPS-05	25	32	47	41	31
JPS-06	29	31	37	33	23

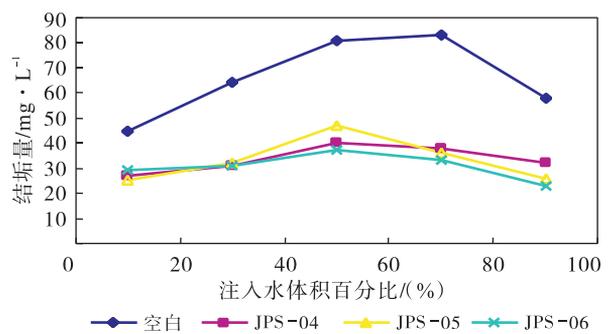


图2 加入防垢剂后注入水体积百分比与结垢量的关系

表2和图2表明了:在注入水体积百分比为1:9, 3:7, 5:5, 7:3和9:1情况下,三种防垢剂JPS-04、JPS-05和JPS-06处理效果与空白实验对照,可以清晰地发现这三种防垢剂都有显著的防垢效果,并且当注入水体积比为9:1情况下,结垢量最小,说明加入防垢剂后可以使注水油田的结垢量降低,减轻结垢对地层有效裂缝和孔隙的堵塞程度,从而恢复一定程度的驱油通道和渗透率。这可从JPS-04、JPS-05和JPS-06作为有机膦酸型防垢剂的双电层作用机理来解释,此种防垢剂的作用是在生长晶核附近的扩散边界层内富集形成双电层,阻碍成垢离子或分子簇的聚结,从而减少结垢量。

3 结论

a) 通过动态评价实验对结垢预测的结果进行了验证,发现注入水在累计注入100倍孔隙体积范围内时,水相渗透率下降了16%~21%,表明该研究区无机碳酸钙垢对储层渗透率的影响不容忽视,必须进行防垢。

b) 运用化学防垢剂防垢技术进行防垢剂筛选,结果表明:有机膦酸型防垢剂JPS-04、JPS-05和JPS-06防垢效果明显,能有效恢复一定程度的驱油通道,其中JPS-06的防垢效果最好,应推广使用。

(下转第84页)

(上接第58页)

参考文献:

- [1] 刘晋萍. 循环冷却水处理优化设计的探讨[J]. 天然气与石油, 2005, 1(23): 55-57.
- [2] 涂乙, 吴萌, 管丽, 等. 注水开发油田结垢影响因素的分析与研究[J]. 油气储运, 2010, 29(2): 97-99.

- [3] Vetter O J, Farone W A. CaCO₃ Scale Prediction—A Practical Approach[C]. Lubbock, Texas: SPE 17000, 1987.
- [4] 赵琼. 循环冷却水系统腐蚀情况分析及其药剂控制方法[J]. 天然气与石油, 2010, 2(23): 46-49.
- [5] 舒干, 邓皓, 王蓉沙. 油气田防垢技术与应用[J]. 油气田地面工程, 1996, 15(4): 40-43.
- [6] 朱义吾. 油田开发中的结垢机理及其防治技术[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1994, 35-41.
- [7] 闫方平. 江苏油田韦2区块挤注防垢技术研究[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2008, 10-13.