doi:10.3969/j.issn.1005-3158.2014.03.003

油田新型结垢计量装置与防垢剂优选试验*

李岳祥[1] 章华春[2]

(1.哈尔滨石油学院;2.新疆油田公司百口泉采油厂)

摘 要 从定量的角度出发,设计垢量测量装置。以 BZ25-1 油田为例,判断油田结垢类型,模拟动态试验,利用油田结垢量大小测定渗透率损失率。随后进行防垢剂筛选试验。结果表明:碳酸钙垢的生成,岩心渗透率损失率 21%左右;防垢剂 JPS-01、JPS-02、JPS-03 能有效缓解地层结垢,JPS-01 防垢剂效果最佳,结垢量最小。

关键词 测量装置; 试验; 结垢量; 防垢剂

文章编号: 1005-3158(2014)03-0007-02

0 引 言

注水开发是提高中后期油田采收率的主要措施,而地层水与驱替水的不配伍将产生堵塞渗流通道、降低流通能力的结垢沉淀物质,大大降低了油田采收率[1-4]。国内外在结垢定性方面已有大量的研究成果,进一步研究结垢的定量分析及其对地层管道的伤害十分必要。因此,本文设计一种垢量计算试验装置,通过动态试验,研究结构对渗透率的影响,并进行防垢剂的研究,筛选出最佳防垢剂。

1 水质分析

BZ25-1 油田沙河街组储层类型为浊积扇砂岩,高温高压油藏,日产油 250 m^3 左右。BZ25-1 油田水质分析如表 1 所示。

表 1 BZ25-1 油田水质分析 mg/L

水样	$K^+ + Na^+$	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}
地层水	2 153	6 473	7	1 895	136	2 054	202
注入水	2 109	7 928	501	4 859	54	189	0

根据水质分析结果,采用 Stiffs & Davis 饱和指数法进行预测,判定油田地层管道的结垢量主要以碳酸钙无机垢为主[5]。

2 垢量计算试验装置

垢量计算试验装置包括洗涤溶液、过滤器、抽空瓶、接真空泵和缓冲瓶,试验中生成的垢总量主要来自于生成附着在烧杯上的垢和悬浮在溶液中的垢。

垢量表达式:

$$C = \frac{m_{h1} - m_{q1} + m_{h2} - m_{q2}}{V}$$

式中,C 为结垢量,mg/L;m_{q1},m_{h1} 分别为实验前后干燥烧杯的质量,mg;m_{q2},m_{h2} 分为实验前后滤膜质量,mg;V 为通过滤膜的水样体积,L。

3 动态试验

3.1 试验方法

通过注入水与地层水生成的结垢量大小,采取体积流量法测定渗透率损失率。通过 1∶1 地层水与注入水进行试验,观察并测量 100 倍 PVT 岩心的渗透率损失率。试验装置流程见图 1。

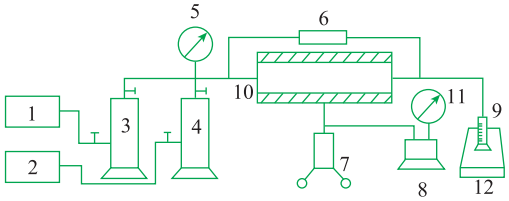

图 1 结垢动态试验流程

注: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。

3.2 试验结果

渗透率损失率试验数据见表 2。表 2 中 K_1 表示地层水所测定的初始渗透率,K_2 表示将地层水与注

* 基金项目:国家科技重大专项(2009ZX05038-002)、国家 973 项目 (2009CB219604)资助。

李岳祥,2013 年毕业于东北石油大学油气井工程专业,硕士,现在哈尔滨石油学院油气井工程专业从事教学与科研工作。通信地址:黑龙江省哈尔滨市松北区松浦路 293 号哈尔滨石油学院,150028

入水以 1∶1 的比例注入岩心 100 倍孔隙体积时的渗透率。

表 2 结垢动态渗透率损失率试验结果

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

将地层水和注入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，随着这组试验进行，岩石渗透率下降了 16%～21%，可知无机碳酸钙垢对管道以及地层渗流能力影响很大，应采取防垢措施。

4 防垢剂试验

针对油田结垢堵塞地层孔隙、裂缝，以及降低井筒和管线的流通通道等问题，不仅影响石油采出程度，而且降低了油田日产量，故进行防垢剂筛选试验，优选最佳防垢剂[6-8]。

4.1 试验方法

在 150 种防垢剂试验基础上，初步筛选有机膦酸型防垢剂 JPS-01，JPS-02 和 JPS-03 三种防垢剂作进一步试验。试验设定在注入水为 15%，30%，45%，60%，75%和 90%条件下，单独加入 JPS-01，JPS-02 和 JPS-03 有机膦酸型防垢剂试验，与不加防垢剂容器中结垢量对比，试验结果如图 2 所示。

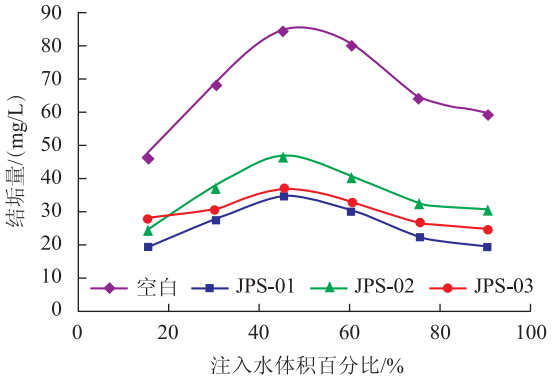

图 2 防垢剂与结垢量的关系

4.2 试验结果

当注入水为 15%时，JPS-01，JPS-02 和 JPS-03 结垢量均为最小。当注入水占比 45%左右，试验中各组结垢量均出现最高值。防垢剂能减少结垢物质的生成，改善管道渗流能力，这是由于加入防垢剂能在晶核附近的扩散边界，生成双电层，将阴阳垢离子隔开，降低聚结率，从而防止结垢物的生成。JPS-01 防垢效果最好，注入水占比 90%时，结垢量最小。JPS-01 防垢效果最好，结垢量为 20mg/L。

5 结 论

◆ 通过动态试验，100 倍 PVT 岩心的渗透率损失率为 21%左右，说明碳酸钙垢对管线以及地层微观孔隙、裂缝渗透率影响很大，优选防垢剂势在必行。

◆ 防垢剂筛选试验可精确研究 JPS-01，JPS-02 和 JPS-03 防垢效果。JPS-01 防垢剂效果最好，结垢量 20 mg/L，垢量可减小 67%（与空白试验垢量对比），JPS-01 防垢剂适合在该类型油田推广使用。

参 考 文 献

[1] 陈峰，赵春辉，陈朝林. 油田注水系统结垢机理研究[J]. 油气田地面工程，2006，25(7)：7-8.
[2] 涂乙，吴萌，管丽，等. 新型结垢量测定装置的建立与实验[J]. 油气田地面工程，2011，30(9)：10-11.
[3] Vetter O J, Farone W A. $CaCO_3$ Scale Prediction—A Practical Approach[R]. Lubbock：SPE17000，1987.
[4] 涂乙，汪伟英，吴萌，等. 注水引发结垢的模拟实验及垢量精确计算方法[J]. 油气田地面工程，2011，30(10)：9-10.
[5] 刘晋萍. 循环冷却水处理优化设计的探讨[J]. 天然气与石油，2005，23(1)：55-57.
[6] 舒干，邓皓，王蓉沙. 油气田防垢技术与应用田[J]. 油气田地面工程，1996，15(4)：40-43.
[7] 左景栾，任韶然，于洪敏. 油田防垢技术研究与应用进展[J]. 石油工程建设，2008，34(2)：7-14.
[8] 罗明良，蒲春生. 地层无机结垢预测技术研究与应用[J]. 石油钻采工艺，2001，23(2)：47-49.

（收稿日期 2014-04-04）
（编辑 李 煜）

吉林石化命名一批员工为“最美环保人”

6 月 3 日，吉林石化污水处理厂 5 名一线员工被授予“最美环保人”荣誉称号。他们分别代表了吉林石化勤俭节约“麻袋毛精神”、乐观进取“矛盾乐精神”、敢于担当“背山精神”和敢为人先“登天精神”的传承者。

“最美环保人”评选活动，极大地鼓舞了一线环保工人为治理污染、保护环境，维护生态平衡而努力奋斗的坚定信心。

（吉林石化毛人德供稿 2014-06-03）