

油基泥浆对岩心损害的室内测试

马永海

(中国海洋石油南海东部公司, 广州 510240)

通过对南海某油田岩心进行的油基泥浆污染的室内模拟试验, 证实油基泥浆不但改变岩心的润湿性, 使其变成强亲油, 而且还造成油基泥浆中的固体颗粒对岩石孔隙的堵塞, 结果使油相有效渗透率和绝对渗透率大幅度下降。岩心被油基泥浆损害后, 凭常规的注水冲刷手段, 渗透率很难恢复到原来的水平。

关键词 岩石表面润湿性 储层绝对渗透率 油相渗透率

作者简介 马永海 男 58 岁 高级工程师 石油地质

由于在钻井、完井、取心、修井等项工程作业中所采用的液体对油层有不同程度的损害, 因此, 油层污染和防治油层损害成为钻井、采油和井上作业者高度重视的问题。油基泥浆损害油层的机理有 3 种: 在油层中形成一种乳状液, 造成堵塞; 改变岩石润湿性, 由亲水变亲油, 使油相渗透率下降; 泥浆中的固体颗粒堵塞岩石孔道 (Peden J, 1982)。

笔者在研究南海某油田储层性质时, 发现储层润湿性有逆转现象, 岩心经油基泥浆污染后, 由原来的中性偏亲水或中性偏亲油向亲油或强亲油方向转变。

南海某油田的 X、Y、Z 井使用油基泥浆钻井 (X 井用油基泥浆取心)。泥浆中含有用于钻井的 EZ Mul 和用于取心的 EZ Core 乳化剂。Van J N 等人研究证明, 这些乳化剂对岩石的润湿性影响很大, 能使岩石由亲水转为亲油。Ballard T J 等人指出, 即使是非常小的表面活性剂浓度也可能潜伏着损害油层的危险。Thomas D C 等人指出, 油基泥浆对岩心分析的影响很大, 即使表面活性剂含量不高, 也会使岩石变为亲油, 并且使 $(K_{o2}/K_{w2})/(K_{o1}/K_{w1})$ 降低到 0.08 至 0.335。

为研究油基泥浆对岩心的污染, 采用南海某油田的岩样, 用油基泥浆冲刷。测试结果表明, 油基泥浆对岩样损害严重, 油相渗透能力大幅度下降, 孔道堵塞也很严重。

1 各井岩心润湿性的测定和分析

用 AMOTT 方法对南海某油田 X 井 9 块油基泥浆岩样测定润湿性 (表 1), 结果表明, 该井储油岩显示强亲油性。除 5 号岩样外, 油润湿指数都大于 0.5。8 块岩样平均油润湿指数为 0.786, 平均水润湿指数仅为 0.018, 为强亲油特性。

用 WILHELMY 动力板法测该油田 Y 井岩石的润湿性, 其粘附力和润湿接触角分别为 -15.2mN/m 和 120° 。判断其润湿性为中性偏亲油。由该法测得的 Y 井岩石的粘附力测试曲线 (图 1) 可见, 老化时间延长至 4 天或 6 天, 润湿性则由中性偏亲油变成中性偏亲水。

Z 井没有专门测定储层岩石润湿性, 采用相渗曲线分析判断。在用 K_w/K_o 和 S_w 所作的 6 条关系曲线中, 除一条 (空气渗透率为 $134 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$) 外, 其余曲线位置依渗透率高低变

化,由左向右移动,相同 S_w 值,渗透率高者,曲线居上。这种规律显示岩样亲水特征。

从 Z 井上、下层两块岩样的油水、油气相渗曲线的油相分歧看出,图 2a 中两条曲线分离,显示亲水特征,图 2b 中两条曲线重合,显示亲油特征。说明该井储集岩石的润湿性不强亲油,而属于非均润湿性。

表 1 X 井润湿性测定数据表

岩样号	空气渗透率($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	孔隙度(%)	束缚水饱和度(%)	润湿指数(水)(油)
1	335	27.9	41.4	0.005 0.898
2	19	16.9	60.8	0.019 0.531
3	622	28.5	36.7	0.038 0.948
4	428	26.4	36.3	0.036 0.873
5	6.3	19.4	54.4	0.000 0.134
6	167	11.6	29.1	0.008 0.800
7	1059	30.7	33.8	0.002 0.947
8	682	19.7	33.7	0.034 0.604
9	120	19.4	11.8	0.003 0.683

综上所述,该油田各井的润湿性鉴定结果不一致。原因是:Y 井由 WILHELMY 动力板法测试润湿性时用的是非油基泥浆岩样,Z 井由相渗曲线判断润湿性时用的是水基泥浆岩样,而 X 井由 AMOTT 法鉴定润湿性时用的是油基泥浆岩样。所以,Y 井和 Z 井不存在油基泥浆污染问题,润湿性不会逆转,表现为中性偏亲水,而 X 井岩样受油基泥浆中的亲油物质污染,变成强亲油。

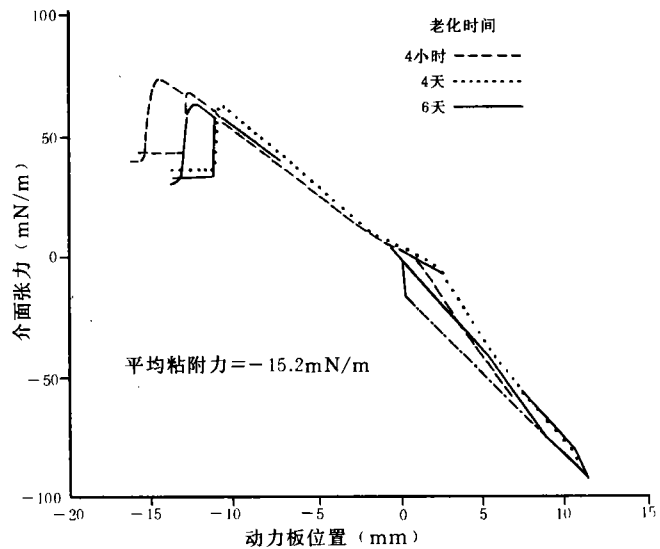


图 1 Y 井 WILHELMY 动力板法测试曲线图

2 油基泥浆损害岩心的室内研究

为研究油基泥浆对岩心的污染,对岩样进行损害试验。具体做法如下:将岩心制成圆柱状、洗净、烘干后,放入饱和矿化度为 55000×10^{-6} ($55000 \times 10^{-6}\text{NaCl}$ 和 $5000 \times 10^{-6}\text{CaCl}_2$) 的模拟地层水浸泡,再用白油驱替,造成束缚水,测束缚水下油相渗透率 K_{o1} 。接着用模拟地层水驱替,造成残余油,测水相渗透率 K_{w1} 。继之用油基泥浆冲洗岩样后,用白油驱替泥浆,

测油相渗透率 K_{o_2} 。最后用模拟地层水驱白油,测 K_{w_2} 。测试结果如下(表 2):

由表中得知:油基泥浆冲洗前后的 $(K_{o_2}/K_{w_2})/(K_{o_1}/K_{w_1})$ 为 0.54 和 0.77。油相有效渗透率比值 (K_{o_2}/K_{o_1}) 为 0.25 和 0.57。说明油基泥浆污染后,油相有效渗透率降低幅度大,岩样受污染很严重。最后,再用模拟地层水反向冲洗岩样,求渗透率恢复值,其值仅为 0.07,表明岩石受污染后难以恢复其渗透能力。本试验还做了油基泥浆冲洗前后润湿性变化的测试。泥浆冲洗前,岩样为中性偏亲油,冲洗后变为亲油。

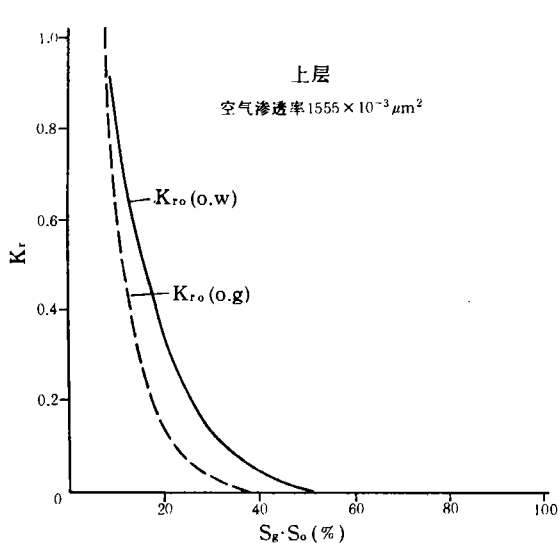


图 2a Z 井 K_w/K_o 与 S_w 关系曲线图

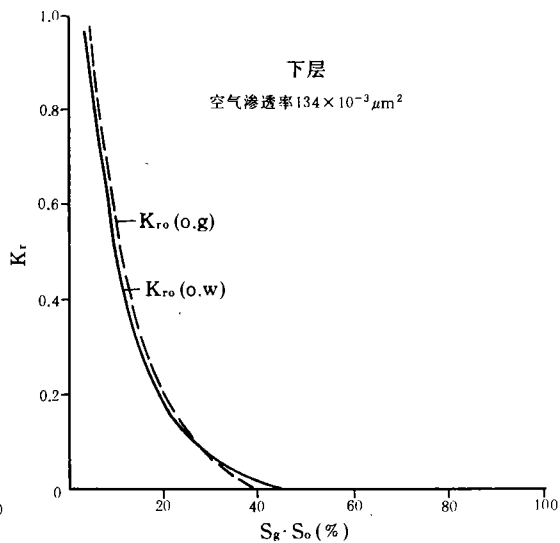


图 2b Z 井油水、油气相渗线油支线图

表 2 岩心油基泥浆污染室内试验结果

岩样号	样长 (cm)	直径 (cm)	孔隙度 (%)	K_a ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	K_{w_1} ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	K_{o_2} ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	注前润湿性	K_{w_2} ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	K_{o_2} ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	K_{w_3} ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	渗透率恢复	注后润湿性	$\frac{K_{o_2}}{K_{o_1}}$	$\frac{K_{o_2}/K_{w_2}}{K_{o_1}/K_{w_1}}$
1	2.47	2.48	22.5	1024	476.9	446.4	中性偏亲油	214.2	110			亲油	0.25	0.54
2	4.38	2.48	11.4	785.7	644.6	188.8	中性偏亲油	477	108	45.3	0.07	亲油	0.57	0.77

为进一步认识油基泥浆对岩样的污染状况,对岩样做注入油基泥浆前后的电镜扫描。从扫描照片(图 3a、b)看到,泥浆中的固体颗粒对岩样孔隙有堵塞现象。

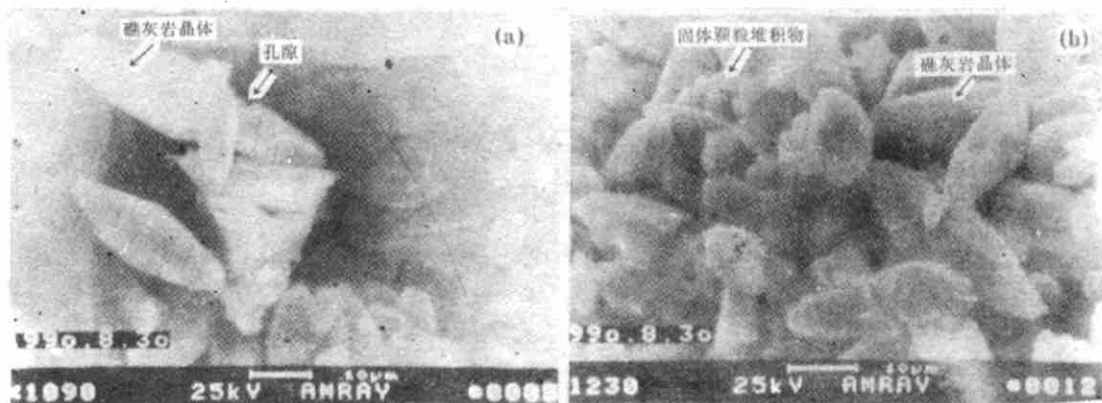


图3 Z井礁灰岩(岩心)油基泥浆注入前后电镜扫描照片
a. 注入前; b. 注入后

3 讨论

3.1 油基泥浆冲洗岩样驱替压力的选择

考虑现场实际使用的取心钻压 12.48MPa, 静水柱压力 12.36MPa, 向地层的冲洗压力为 0.12MPa。本试验采用此压力值向岩样注泥浆。为克服测试中岩样的末端效应, 用模拟地层水和白油驱替时, 均应满足 $LV\mu \geq 5$ 。

3.2 油基泥浆污染岩样的机理分析

对 X 井使用的油基泥浆成分中能产生较重污染的几种主要成分加以分析。

EZ Core, 是在现场配制泥浆的乳化剂, 阳离子型。作为一种乳化剂, 它能使泥浆液中的水乳化, 形成油包水乳化液, 使全部泥浆呈油连续相。X 井取心段为礁灰岩, 表面带阴离子, 必然与阳离子型的 EZ Core 相吸附, 结果使岩石表面变成亲油特性。

Geltone I, 带有四元胺搬土, 可使粘土在油中均匀分散和膨胀。Mckinncy L K 等人指出, 这种胺的化合物能从粘土中分解或解析出来, 侵入地层并与岩石中的粘土发生作用, 使粘土膨胀而堵塞地层, 此作用随温度和压力提高而加剧。

Gilsonite, 是固体颗粒状天然沥青, 为极性物质。极性部分含氮、氧、硫化物, 是强亲油物质, 其中氮化合物的亲油性尤强。

Barite, 是 300 目左右的重晶石, 因为颗粒细, 易被带入地层, 造成堵塞。

4 结论

通过调查和研究, 认为油基泥浆能改变润湿性, 使原亲水或中性岩石变成亲油, 降低了油相有效渗透率。油基泥浆固体颗粒堵塞或缩小孔隙, 降低了绝对渗透率。对储层的这种损害, 单靠注水冲刷作用很难恢复到原渗透能力。今后应着重开展如何防治这种对储层损害的方法研究, 以利于提高油田的开采效果。

(收稿日期: 1994 年 9 月 19 日)

附录 符号说明

K_a ——空气渗透率	$10^{-3}\mu\text{m}^2$	μ ——盐水粘度 $\text{mPa}\cdot\text{s}$
K_{o1} ——注泥浆前油相渗透率	$10^{-3}\mu\text{m}^2$	K_r ——相对渗透率
K_{o2} ——注泥浆后油相渗透率	$10^{-3}\mu\text{m}^2$	K_w ——水相相对渗透率
K_{w1} ——注泥浆前水相渗透率	$10^{-3}\mu\text{m}^2$	K_o ——油相相对渗透率
K_{w2} ——注泥浆后水相渗透率	$10^{-3}\mu\text{m}^2$	S_w ——含水饱和度 %
K_{w3} ——盐水反注水相渗透率	$10^{-3}\mu\text{m}^2$	S_o ——含油饱和度 %
L ——岩样长度	cm	S_b ——含气饱和度 %
V ——注入速度	cm/min	

参 考 文 献

- 1 Peden J. Reducing Formation Damage by Better Filtration Control. *Offshore Services and Technology*, Jan. 1982

LABORATORY TESTS FOR THE DAMAGE OF OIL-BASD MUD TO CORE

Ma Yonghai

(China Offshore Oil Nanhai East Corporation, Guangzhou)

Abstract

Simulation tests for oil-based mud contamination of the cores sampled from an oilfield of South China are carried out in laboratory, which proved that oil-based mud not only changed the wettability of cores into a strong lipophilicity, but also caused the rock pores being blocked by the solid grains in oil-based mud, as a result, there is a great reduction in effective and absolute permeabilities of oil phase. Once cores are damaged by oil-based mud, it is difficult to restore the permeability of cores to its original level by applying the conventional technique of water injecting and washing.