

注入水对敖南低渗透油田储层渗透率的影响

兰中孝 范振忠*

(大庆石油学院石油工程系, 大庆 163318)

摘要 确定了敖南油田储层的水敏系数在 0.20—0.50 之间, 具有中-强水敏性; 岩心实验表明: 注入水对敖南油田低渗透岩心产生持续的伤害, 伤害率小于 20%。注入水中悬浮颗粒粒径对地层渗透率产生影响。当粒径小于 2.0 μm 时, 渗透率下降小于 10%。

关键词 低渗透油层 水敏性 注入水 敖南低渗透油田

中图法分类号 TE357.6; **文献标志码** B

油田生产过程主要包括水井注水和油井采油, 若不注重对油气层的保护, 每一个生产环节都会对油气层造成一定的伤害, 尤其是对于低渗透油田, 当储层不能适应外界条件变化时, 就会导致储层渗透率的降低。对于注水井, 主要表现为注入水的化学性质不合要求, 低渗透油层含有较多的黏土矿物, 容易引起地层黏土水化膨胀、分散运移、化学沉淀等^[1]; 注入水中机械杂质含量超标、粒径中值偏大, 可引起机械杂质的堵塞; 因此, 为了更好地开发敖南低渗透油田, 对敖南区块岩心水敏性分析的基础上, 综合分析了注入水对敖南低渗透油层渗透率的影响, 对敖南低渗透油田油层的保护提供技术支持。

1 实验部分

1.1 原料和仪器

主要原料: 天然岩心(取自大庆油田勘探开发研究院, 直径 2.5 cm, 长度 5.0 cm), 注入水(敖南油田现场注入水), 次注入水(敖南油田现场注入水稀释 1 倍)。

主要仪器: X 射线衍射仪, 电子控温水浴锅, 可

调电动搅拌机, 岩心流动实验装置等。

1.2 岩心水敏性的测定

岩心水敏性是指与地层不配伍的外来液体进入地层后引起黏土膨胀、分散和运移, 从而导致岩心渗透率降低的现象^[2]。水敏性实验的目的是为了了解黏土矿物遇水后发生膨胀、分散、运移的过程, 找出发生水敏的条件及由水敏引起的油气层损害程度, 为各类工作液的设计提供依据。

判断水敏性的大小常用水敏系数来评价, 水敏系数是去离子水的渗透率 K_w 与等价液体渗透率 K_∞ 之比, 即 $I_w = K_w/K_\infty$, 水敏程度评价标准为: $I_w < 0.3$ 为强水敏性, $0.3 \leq I_w \leq 0.7$ 为中等水敏性, $I_w > 0.7$ 为弱水酸性。选择三块天然岩心, 模拟地层条件, 压力保持在 25 MPa, 测定三种不同流体通过岩心的渗透率。

1.3 岩心渗透率及伤害率的测定

选择油田注入水, 所用岩心为天然岩心。将岩心编号, 抽提, 在 105℃ 下烘干, 备用。用浓度为 2.0% 的 KCl 溶液测定岩心的渗透率, 记为 K_1 (K_1 为岩心伤害前的水测渗透率)。在一定的压差下 (0.02 MPa) 和温度下 (60℃) 注入油田注入水, 测定注入不同时间后岩心的渗透率, 记为 K_2 (K_2 为岩心受到伤害后的渗透率)。计算岩心伤害率 η , 即:

$$\eta = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \times 100\%。$$

2009 年 12 月 28 日收到

第一作者简介: 兰中孝(1963—), 男, 研究方向: 采油工程和油田开发。

* 通讯作者简介: 范振忠(1971—), 男, 研究方向: 石油工程。

2 实验结果及讨论

2.1 敖南油田岩心水敏性的评价

选择 3 块天然岩心,模拟地层条件,压力保持为 25 MPa,测定 3 种不同流体通过岩心的渗透率。实验数据见表 1。

表 1 敖南油田水敏性实验数据

岩心 编号	$K_{\infty}/10^{-3}\mu\text{m}^2$	不同流体下的渗透率 $/10^{-3}\mu\text{m}^2$			水敏 系数	水敏 程度	总评价
		注入水	次注入水	蒸馏水			
A4	7.71	3.82	3.63	1.81	0.23	强	中—强 水敏性
A5	9.75	4.77	4.44	2.41	0.25	强	
A6	13.2	8.17	8.24	6.24	0.47	中	

由表 1 可见,敖南油田水敏系数在 0.20—0.50 之间,具有中—强水敏特性。敖南油田水敏性较强主要是由于蒙脱石含量较高而引起的。蒙脱石属于晶层膨胀矿物,易引起水化膨胀。主要原因是蒙脱石颗粒细,比表面很大,水分子在其表面吸附能力很强;蒙脱石晶片易碎,往往在破裂边缘局部产生多余的电荷,对极性水分子具有较大的亲合力;蒙脱石沿水平方向解理较为完全,解理缝较发育,水分子可进入其间,造成颗粒分散与外部膨胀现象。

2.2 注入体积对敖南低渗透油田渗透率的影响

注入水为清水,随着清水注入体积的增加,岩心的渗透率逐渐下降。见表 2。

表 2 注入清水后岩心的渗透率变化

岩心编号	注入不同体积(PV)清水后岩心的渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$					
	5	10	20	30	40	50
A11	18.7	18.2	17.5	16.8	15.6	15.2
A18	22.1	21.0	20.3	19.4	18.9	18.7

由表 2 可见,大量的注入清水会对岩心产生持续的伤害作用,在注入体积倍数为 40 倍孔隙体积(40PV)时,岩心伤害率 η 为 20% 左右。通过岩心模拟分析,注入水对地层的伤害主要集中在井眼的周围,其伤害深度为 1 m—2 m,若选择伤害深度为 1 m,则每米油层每天注入 75 m^3 ,才能达到 5 倍孔

隙体积,一般的注水井达不到这个注入量,因此,由于黏土矿物水化膨胀、颗粒运移产生的伤害小于 1 m,只要在 1 m 的范围之内对油层进行预先保护,防止黏土颗粒的水化膨胀,则后续的注入水不会对黏土的水化膨胀产生影响。

2.3 注入水中悬浮颗粒对地层渗透率的影响

用不同孔径的滤膜过滤后的模拟地层水驱替岩心,测定渗透率,滤膜孔径小于 2.0 μm 时,渗透率下降小于 10%;滤膜孔径大于 5.0 μm 时,岩心渗透率伤害率 η 大于 30%。因此,敖南区块采用应小于 2.0 μm 的过滤设备。见表 3。

表 3 不同滤膜孔径过滤水对敖南区块岩心渗透率的影响

岩心 编号	滤膜孔径 $/\mu\text{m}$	注入不同体积过滤水后岩心的渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$				
		5	10	15	20	30
A12	0.5	13.0	12.8	12.3	12.3	12.3
A13	1.0	12.3	12.3	12.2	12.1	12.0
A14	2.0	12.3	12.2	11.9	11.9	11.8
A15	5.0	10.5	9.1	8.4	8.2	8.1

2.4 注入速度对岩心渗透率的影响

以相同驱替剂、不同流速进行不同注入孔隙体积下驱替实验,测定渗透率的比值,在流速较低时,渗透率变化不大,此时流速低于临界流速;当流速加大时,颗粒发生运移,超过一定的注入体积后(> 5 倍孔隙体积),渗透率的比值不再变化,岩心的伤害程度不再增加。见表 4。

表 4 流速对渗透率比值的影响

流速 $/\text{mL}\cdot\text{h}^{-1}$	不同注入孔隙体积下的渗透率比值					
	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0
100	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
500	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5

由表 4 可见,流速低于 100 $\text{mL}\cdot\text{h}^{-1}$,对岩心渗透率影响较小,可以推出,对于直径为 139.7 mm 的井眼,每米油层(有效厚度)的注水面积为 0.44 m^2 ,岩心的端面面积为 0.000 5 m^2 ,则每米油层注水量为 2 m^3 ,由于现场注水井的注水量均大于 2 m^3 ,因
(下转第 2187 页)

Finite Difference Method of Electrostatic Potential in Storage Tank

LIU Chao-zhuo, CHEN Yin-dun¹, WANG Dian-sheng, GUAN Ji-teng

(School of Physics Science and Technology, University of Petroleum of China (East China), Dongying 257061, P. R. China;

College of Storage & Transportation and Architectural Engineering, University of Petroleum of China (East China)¹, Qingdao 266555, P. R. China)

[Abstract] The numerical calculation method of electrostatic potential in vertical cylindrical storage tank was surveyed. For the earthed metal tank, the electrostatic field inside was equivalent to the two-dimension ax-symmetric field. The mathematical model based on the boundary value problem of electrostatic field is built, and the numerical model of finite difference accordingly is deduced. The over-relaxation iterative formula is deduced and the electrostatic potential distribution in the tank is calculated to test the numerical method.

[Key words] oil storage tank electrostatic potential finite difference

(上接第 2171 页)

此,一般会产生速敏性。

率产生影响,当粒径小于 2.0 μm 时,渗透率下降小于 10%。

3 结论

参 考 文 献

- (1) 通过实验确定敖南油田储层水敏系数在 0.20—0.50 之间,具有中—强水敏性。
- (2) 注入水对岩心产生持续的伤害作用,伤害率小于 20%。注入水中悬浮颗粒粒径对地层渗透
- 1 靳保军,宋桂如,李尚贵,等. 注水井防膨处理用黏土稳定剂的筛选. 油田化学,2002;19(3):244—249
- 2 刘义坤,魏丽影,隋新光. 大庆油田萨中地区过渡带储层的敏感性. 大庆石油学院学报,2004;28(1):106—108

Permeability Effects of the Flood Water in the Ao-nan Low Permeability Oilfield

LAN Zhong-xiao, FAN Zhen-zhong*

(Department of Petroleum Engineering, Daqing Petroleum Institute, Daqing 163318, P. R. China)

[Abstract] The water-sensitive factor of the Ao-nan oil field reservoirs is between 0.20—0.50 and the water sensitive is strong. The core tests show that the flood water causes sustained damage to the low permeability core of the Ao-nan oil field and the damage rate is less than 20%. The suspension particle size has effects on the reservoir permeability. When the particle size is less than 2.0 μm, permeability declines less than 10%.

[Key words] low permeability reservoir water sensitive flood water Ao-nan low permeability oilfield