

文章编号: 1009-3850(2002)01-0030-05

川西新场气田蓬莱镇组气藏储层的敏感性研究

黎华继

(西南石油局地质综合研究院, 四川成都 610081)

摘要: 浅层气田提高低渗气层的采收率, 降低储层的损害程度非常重要。浅层气因其产层埋深浅, 地层压力低, 储层物性较差等, 生产作业中更易造成损害, 形成伤害后使得单井产能急剧降低, 甚至不能产出天然气。因此, 开展必要的储层损害研究显得尤为重要。笔者通过大量的敏感性实验分析, 认为新场气田蓬莱镇组浅层气藏储层为弱速敏、中等水敏, 临界盐度为 $(0.35 \sim 0.45) \times 10^4 \text{ mg/L}$ 气藏, 临界pH值在7~8之间变化, 并提出对降低各种敏感性的作业条件。

关键词: 采收率; 储层损害; 敏感性; 速敏; 水敏; 盐敏; 碱敏

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

1 概况

新场气田处于川西坳陷中段的一个大型北东东向隆起带上, 该隆起带从晚三叠世以来经历了多期构造运动, 是一个古今复合大型隆起带, 新场气田位于该隆起带的西段。

新场气田蓬莱镇组浅层气藏储层岩性主要为三角洲相砂岩, 储层中粘土矿物主要以伊-蒙混层、绿-蒙混层以及伊利石为主, 这些粘土矿物的出现使得储层具有较强的敏感性, 在工程施工作业中很容易对储层造成损害。

蓬莱镇组气藏储层物性较差, 平均孔隙度为12%, 平均渗透率为 $2.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 左右。属低渗储层。

该气藏自发现以来至今共完钻近300口井, 获天然气探明储量为 $216 \times 10^8 \text{ m}^3$, 并形成了年产气近 $6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的产能。

2 蓬莱镇组气藏储层损害的试验评价研究

国内外研究表明^[1]: 在油气气藏的钻井、完井、开采、修井以及增产措施等生产作业中, 普遍存在有对地层的损害。一般情况下这种损害可能被高产能所掩盖而不被重视。

对于浅层低渗气藏, 因产层埋深浅, 地层压力低, 储层物性较差, 造成损害也就越大。一旦造成损害, 单井产能很低, 或根本不能产气。研究表明, 当地层造成了损害, 要力图恢复到原始状况是不可能的。因此, 开展对储层损害实验评价研究就显得尤为重要。

2.1 速敏评价

速敏评价是采用不同的速度由低至高向岩心注入模拟地层水, 逐点测定岩心渗透率, 从而确定出相邻两点渗透率降低于5%时前一点的地层流速, 即为该样品产生速敏的临界流速。研究表明(表1, 图1): 本区产层损害主要有两种情况, 一是当渗透率大于 $9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层, 且流速大于 0.5 ml/min 时, 会造成流速过高而损害地层渗透性, 为弱偏中等敏感; 二是当渗透率小于 $9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 时, 则流速不会造成损害或者损害很微弱。

2.2 水敏及盐敏评价

1. 水敏评价试验

油气储层中的粘土矿物在原始的地层条件下是处在一定矿化度的介质环境中,它与水处于相对平衡状态,当淡水(清水)进入地层时,地层中的某些粘土矿物将会膨胀、分散,从而减小或堵塞孔隙和喉道,造成渗透率的下降。这种遇淡水后渗透率下降的现象称为储层水敏。对水敏评价的目的也就是评价水敏引起储层损害的程度,从而为工作液的设计提供依据。笔者在研究中分别选用了三种流体:地层水、含盐度为地层水一半的次地层水和去离子水(蒸馏水)进行试验分析,试验中分别以上述三种不

同的水在不同的注入速度下注入岩心并让其达到平衡,分别测定其相应的水的渗透率,采用去离子水的渗透率与地层水渗透率的比值来判断地层水的敏感程度。结果表明(表 2, 图 2):该区储层为水敏性储层。当工作液为淡水或清水进入地层时,地层渗透率降低50%~60%,为中等水敏,但其渗透率下降的幅度是相当严重的。一方面直接导致天然气流动通道变小,另一方面使微粒产生运移,堵塞通道,影响天然气的相渗透率下降,使产量降低。因此,生产中应绝对避免清水进入井筒,以防清水中的含盐量低,使粘土矿物膨胀,结构破坏崩落。

表 1 速敏试验数据

Table 1 Experimental data on velocity sensitivity

井 号	岩心号	层 位	渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$	渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$ (最大值)	渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$ (最小值)	临 界 流 量		评 价
						线性流量 (mL/min)	径 向 流 ($\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{h}$)	
浅层 13 井	13	J_p^1	10.363	0.405	0.291	0.75	856	弱偏中
新浅 9 井	1	J_p^1	12.357	0.491	0.239	0.50	574	中
新浅 44 井	20	J_p^1	9.594	0.232	0.170	0.75	856	弱偏中
新浅 42 井	8	J_p^2	3.427	0.064	0.062	—	—	不敏感

表 2 水敏试验数据表

Table 2 Experimental data on water sensitivity

井 号	岩 心 号	层 位	渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$			损害率/%	评 价
			地 层 水	次地层水	蒸 馏 水		
浅 13 井	7	J_p^1	0.094	0.091	0.046	51	中
新浅 44 井	15	J_p^2	0.081	0.079	0.033	59	中
新浅 9 井	1-1	J_p^1	0.322	0.317	0.153	52	中
新浅 42 井	8-1A	J_p^2	0.122	0.119	0.061	50	中

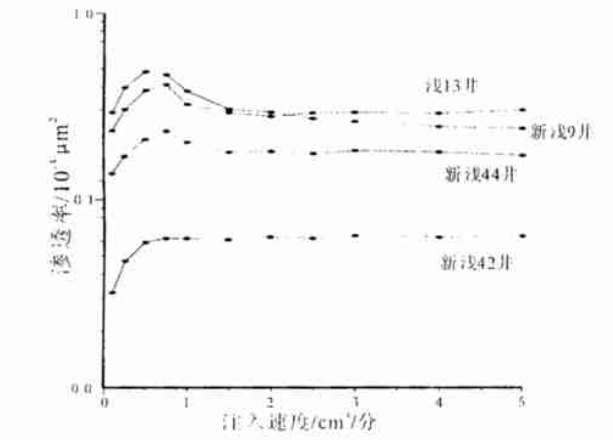


图 1 水流速敏感性实验曲线

Fig. 1 Experimental curves for velocity sensitivity of water flows

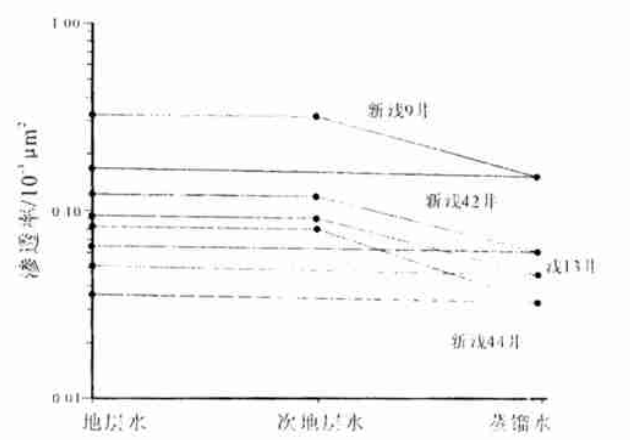


图 2 水敏实验曲线

Fig. 2 Experimental curves for water sensitivity

2. 盐敏评价试验

在钻井、完井以及其它作业中,各种工作液应当具有不同的矿化度。当高于地层水矿化度的工作液进入地层后,可能引起粘土矿物的收缩、失稳并产生脱落堵塞渗流通道。另外,还将造成施工成本增加,降低经济效益,若低于地层水矿化度的工作液进入地层,又可引起粘土矿物的膨胀和分散,同样损害油气储层。

水敏试验已证明,蓬莱镇组储层属水敏性储层,为避免水敏造成渗透率的降低,选择多大浓度的地层水,则是盐敏应解决的问题。为此,在盐敏试验时,分别配制了0.9、0.45、0.35、0.25、0.15、0.05×10⁴mg/L的水。通过岩心流动,并在临界流速下(或者小于临界流速)测定其渗透率。试验的详细数据及相应的变化曲线见表3和图3所示。

由图表可以看出蓬莱镇气藏储层临界盐度为(0.35~0.45)×10⁴mg/L之间,平均临界盐度为0.39×10⁴mg/L。当进入地层中水的含盐度减少1000mg/L,渗透率降低18%~26%,如果进入地层的水为清水,则渗透率将在原始渗透率的基础上损失降低23%~53%,平均降低44%。由此可见,蓬莱镇组气藏应绝对避免清水进入地层。

此外,当盐度由0.05×10⁴mg/L增至地层水矿化度时,渗透率虽然有一定提高,但仍然损失了19%~50%,平均损失了41%,且随着渗透率的降低,其损害的比率也就越大。因此,渗透率的损害是

不可逆的。

2.3 碱敏评价试验

地层水的pH值一般呈现中性或弱碱性,而多数钻井液和水泥浆的pH值则在8~12之间,当高pH值流体进入地层后,则将造成粘土矿物和硅质胶结物的结构破坏,从而造成油气层的堵塞损害。同时,大量的氢氧根离子与某些二价离子结合也会生成不溶物,从而造成油气层的堵塞伤害地层。因此,开展碱敏评价试验对预防储层损害,保护油气层非常重要。试验中流入流体的pH值最低为6,最高为11,使不同pH值的流体注入岩心,让其与岩心接触达到平衡后,测定其相应的渗透率。具体试验数据及相关变化曲线如图4和表4所示。

试验表明:随工作液pH值的增加,渗透率降低。以相邻两pH值下渗透率下降5%作为评判标准,蓬莱镇组气藏储层临界pH值在7~8之间,平均为7.4,说明泥浆对储层渗透率的损害不大。同时也说明进入储层流体的pH值应控制在7~8之间,以免对地层造成碱敏。

3 小结

(1) 当蓬莱镇组气藏岩心渗透率大于5×10⁻³μm²时,流速将会发生敏感,速敏为中等偏弱,单井合并产量宜控制在小于900m³d⁻¹;当渗透率小于5×10⁻³μm²时,流速对储层不会产生敏感。

表 3 盐敏评价试验数据表
Table 3 Experimental data on salt sensitivity

井号	岩心号	矿化度(10 ⁴ mg/L)	0.9	0.45	0.35	0.25	0.15	0.05
浅13井	12	$\frac{K_w}{(10^{-3}\mu m^2)}$	0.098	0.097	0.099	0.076	0.058	0.049
		$\frac{K_{i-1}-K_i}{K_{i-1}}$		0.01	-0.02	0.232	0.237	0.155
新浅44井	16	$\frac{K_w}{(10^{-3}\mu m^2)}$	0.431	0.439	0.358	0.288	0.261	0.235
		$\frac{K_{i-1}-K_i}{K_{i-1}}$		-0.02	0.185	0.196	0.09	0.100
新浅6井	3-1A	$\frac{K_w}{(10^{-3}\mu m^2)}$	2.017	2.003	1.878	1.712	1.641	1.554
		$\frac{K_{i-1}-K_i}{K_{i-1}}$		0.01	0.062	0.189	0.100	0.136
川孝257井	6-1B	$\frac{K_w}{(10^{-3}\mu m^2)}$	0.331	0.325	0.241	0.198	0.181	0.162
		$\frac{K_{i-1}-K_i}{K_{i-1}}$		0.018	0.258	0.178	0.086	0.105

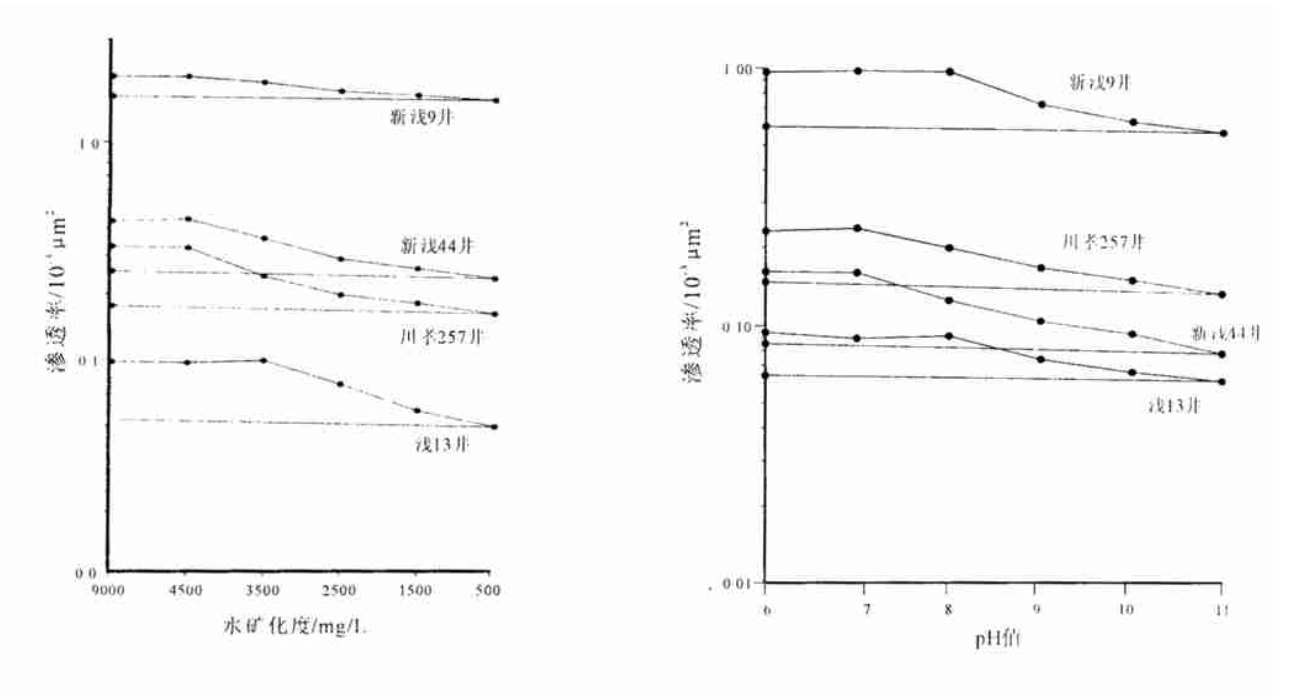


图3 盐敏度曲线

图4 碱敏感曲线

Fig. 3 Experimental curves for salt sensitivity

Fig. 4 Experimental curves for alkali sensitivity

表 4 碱敏评价试验数据表

Table 4 Experimental data on alkali sensitivity

井 号	岩芯号	层 位	不同 pH 值下的水渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$						临界 pH 值
			6	7	8	9	10	11	
浅 13 井	8	Jp^1	0.094	0.089	0.091	0.074	0.066	0.061	8
新浅 44 井	17	Jp^2	0.161	0.160	0.125	0.104	0.093	0.078	7
新浅 9 井	1-1B	Jp^1	0.962	0.971	0.965	0.722	0.619	0.563	8
川孝 257 井	6-1	Jp^1	0.231	0.237	0.199	0.167	0.150	0.133	7

(2) 水敏及盐敏试验表明, 蓬莱镇组气藏为中等水敏性储层, 为避免储层产生敏感, 其临界盐度应控制在4500mg/L左右。试验告诉我们, 工程施工中应绝对避免盐度小于4500mg/L的水进入地层。特别是未经过滤的地表清水应绝对避免进入地层。

(3) 碱敏数据说明, 蓬莱镇组气藏临界 pH 值在7~8 之间, 平均值为7.5左右。从钻井液pH值一般

为 8 来看, pH 值对地层造成的损害微弱, 但其它施工液应注意pH值保持在7~8 之间。

参考文献:

[1] 向阳. 油气储集层岩石特殊物理研究方法[M] . 成都: 四川科学技术出版社, 1994.

The sensitivity of the gas reservoirs in the Penglaizhen Formation of the Xinchang gas field, western Sichuan

LI Hua-jī

(Southwest China Bureau of Petroleum, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: It is very important to increase the recovery of low permeable gas reservoirs and reduce the degree of formation destruction. In shallower gas pools, the burial depth of pay zones is relatively shallow and formation pressure is also relatively low. The poor reservoir quality may easily result in the formation destruction during production. After being damaged, the productivity of a single well decreases sharply, or the well can't produce any natural gas at all. Numerous experimental studies of sensitivity suggest that the reservoirs in the shallow gas pools of the Penglaizhen Formation within the Xinchang gas field, western Sichuan are characterized by weak velocity sensitivity and moderate water sensitivity. The critical salinity values equal to $(0.35-0.45) \times 10^4$ mg/L and critical pH values range between 7 and 8. The operation conditions are also proposed in the paper for the purpose of reducing different sensitivities.

Key words: recovery; formation destruction; sensitivity; velocity sensitivity; water sensitivity; salt sensitivity; alkali sensitivity