

多孔介质中束缚水对凝析油饱和度的影响

李明秋¹ 郭平² 姜贻伟³ 毕建霞³

(1. 中国石油西南油气田公司勘探开发研究院 2. 西南石油大学 3. 中国石化中原油田分公司)

李明秋等. 多孔介质中束缚水对凝析油饱和度的影响. 天然气工业, 2007, 27(6): 92-93.

摘要 为了更好地开发含水凝析气藏, 必须研究在凝析气藏开发过程中束缚水对凝析油饱和度的影响, 为此建立了超声波测试高温高压岩心中凝析油饱和度的直接测试和软件模拟方法。对于同样一块岩心在相同压力条件下, 采用相同的凝析气样品来进行衰竭实验, 多孔介质中凝析油饱和度随束缚水增加而降低; 得到衰竭至大气压时残余油饱和度也随束缚水的增加而变小, 且两者呈很好的线性关系。理论及实验表明, 束缚水对凝析气藏开发的影响不可忽视。

关键词 凝析油气田 多孔介质 束缚水 超声波 饱和度

一、引言

束缚水饱和度是地层的属性之一, 它的存在对凝析体系的行为是否有影响曾在一段时间众说纷纭, 不过近期的研究表明束缚水对凝析液的分布及大小、凝析气和凝析液的流动都会有影响。笔者就束缚水对多孔介质中凝析油饱和度的影响作了具体的实验研究。

二、实验设备及样品

实验所用凝析气为中原油田桥口某富含凝析油型的凝析气, 流体露点为 32.4 MPa, 实验模拟温度 90 °C, 地层压力 36 MPa, 流体组成及所用地层水见表 1 和表 2。实验所用岩心 Q69-5-10 属于砂岩岩

心, 孔隙度为 11.1%, 渗透率为 $2.18 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。岩心衰竭实验是在加拿大 Hycal 长岩心驱替装置上完成的, 该装置中, 岩心中的凝析气衰竭速度由出口端回压调节器控制, 实验流程见图 1。

表 1 流体组成分布表

组分	组成(%)	组分	组成(%)
CO ₂	2.01	nC ₅	0.62
N ₂	0.69	C ₆	0.65
C ₁	77.37	C ₇	0.41
C ₂	7.44	C ₈	0.71
C ₃	4.54	C ₉	0.84
iC ₄	0.26	C ₁₀	0.54
nC ₄	0.68	C ₁₁ ⁺	2.73
iC ₅	0.51		

表 2 地层水分析表

水型	pH 值	相对密度	阳离子(mg/L)			阴离子(mg/L)			总矿化度(mg/L)
			K+Na	Mg	Ca	Cl	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
CaCl ₂	6.2	1.07	30656	1209	6275	61728	51	185	100104

三、实验测试过程

对岩心 Q69-5-1 分别饱和四种(33.4%、46.38%、28.14%和 31.85%)大小束缚水来进行衰竭实验。实验测试时, 首先建立束缚水, 再饱和分离器气样加

压到地层压力, 最后采用凝析气置换岩心中的分离器气样, 置换 10 倍孔隙体积以上, 并测试出口端的气油比, 当气油比和原始气油比一致时即完成岩心原始条件恢复。测试过程是对岩心进行 6~7 级衰竭, 直到降到大气压, 在整个测试过程中, 均用超声

作者简介: 李明秋, 女, 1979 年生, 硕士, 助理工程师; 现从事油气田开发研究工作。地址: (610051) 四川省成都市府青路一段 1 号。电话: (028) 86015652。E-mail: lmqiu@petrochina.com.cn

五、结论

(1)凝析气藏衰竭开采中,束缚水的存在极大的影响了凝析油饱和度。对于同一块岩心,采用相同的凝析气样品来进行衰竭实验时,凝析油饱和度的大小随着束缚水的增加而减小;得到衰竭至大气压下残余油饱和度也随束缚水的增大而越小,且束缚水大小与残余油饱和度之间有很好的线性关系。

(2)应用软件模拟了饱和有不同束缚水大小的多孔介质中凝析气衰竭过程,模拟结果与实测结果基本一致,进一步证明了束缚水对凝析气衰竭开采的影响。

(3)凝析气储量空间越低,则能析出的凝析油较少,所以压力下降后形成的凝析油饱和度较小,同时由于束缚水含量高,凝析油更易流动,也可造成残余凝析油饱和度下降;而束缚水含量低的凝析气藏,由于多孔介质对凝析油吸附作用更强,凝析油更不易流动,因此残余凝析油饱和度较大。此研究对含水凝析气藏的开发具有很大的意义。

参考文献

- [1] 杨仁林,刘知国.束缚水饱和度与储层流体性质的辨别[J].天然气工业,2003,23(增刊):46-48.
- [2] 杨满平,李允,彭彩珍.气藏储层含束缚水的应力敏感分析[J].天然气地球科学,2004,15(4):391-394.
- [3] 郭平,杨金海,李士伦,等.用超声波测试凝析油临界流动饱和度[J].天然气工业,2001,21(3):22-25.
- [4] 李士伦,郭平,杜建芬,等.提高凝析气藏采收率和气井产量新思路[J].西南石油大学学报,2007,29(2):1-6.
- [5] 李宁,周克明,张清秀,等.束缚水饱和度实验研究[J].天然气工业,2002,22(增刊):110-113.
- [6] 钟太贤,袁士义,胡永乐,等.凝析气流体的复杂相态[J].石油勘探与开发,2004,31(2):125-127.
- [7] 彭彩珍,孙雷,汤勇,等.单井控制饱和凝析气藏衰竭开发动态预测[J].西南石油学院学报,2005,28(2):56-60.

(修改回稿日期 2007-04-16 编辑 韩晓渝)

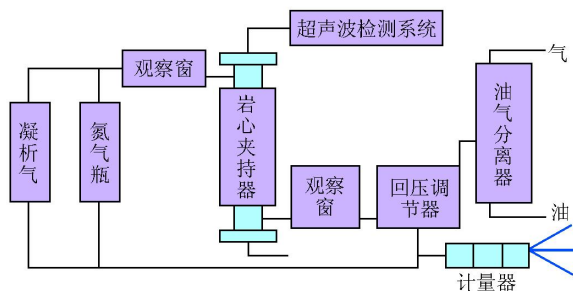


图1 岩心衰竭流程图

波进行监测,测定相应压力下的油饱和度值。

四、测试结果分析

衰竭降压到大气压下进行岩心分析得到残余油饱和度测试结果见图 2-a,对同一块岩心,采用相同的凝析气样品,随着束缚水的增加,得到衰竭至大气压下凝析油饱和度越小,而且线性关系较好。

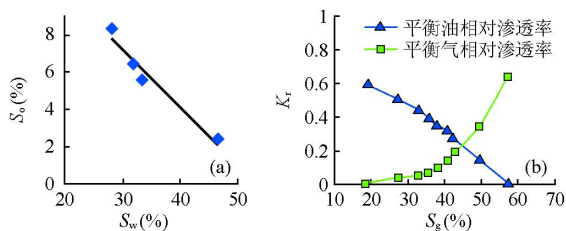


图2 残余凝析油饱和度变化和平衡凝析油气相渗图

为了进一步研究和证明多孔介质中束缚水大小与凝析油饱和度的关系,对岩心(不同束缚水条件下)参数和实际凝析气样进行衰竭模拟。模拟时相渗曲线采用测试的桥口凝析气藏的平衡油气相渗曲线(见图 2-b)。

模拟得到不同束缚水条件下的凝析油衰竭曲线(见图 3-a),随着束缚水含量增大,凝析油饱和度随之减小。从图 3-b 可得出模拟结果跟实验结果一致。

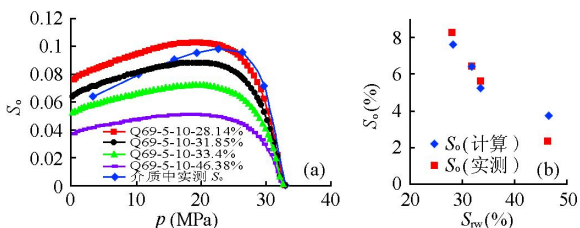


图3 不同含水饱和度下的凝析油饱和度、残余凝析油饱和度变化图