

低渗透凝析气藏的反凝析特征

戴岑璞 王自明

(四川石油管理局地质勘探开发研究院)

戴岑璞等.低渗透凝析气藏的反凝析特征.天然气工业,2007,27(11):79-81.

摘 要 深层低渗透凝析气藏的数量越来越多,了解其反凝析特征是气藏开发正确决策的重要基础。为此,以某油田的深层低渗透凝析气藏为主要研究对象,通过 CVD 测试及真实岩心衰竭实验测试,研究了深层低渗透凝析气藏的反凝析特征。研究表明:①PVT 筒的定容衰竭与多孔介质中的衰竭特征有较大的差异,因此应尽可能采用岩心衰竭实验研究深层低渗透凝析气藏的真实反凝析相态特征;②该油田深层低渗透凝析气藏衰竭开发过程中反凝析呈中等偏低水平,近井地层的反凝析液堆积速度较慢,最大反凝析液饱和度值对应的地层压力与气藏标定的废弃压力接近,表明该油田深层低渗透凝析气藏比较适合采用衰竭方式开发;③该油田深层低渗透凝析气藏衰竭开发过程中产生的凝析油饱和度小于临界流动饱和度,析出的凝析油不会产生反蒸发,因此在气藏开发过程中防止反凝析污染就显得非常重要。

主题词 深层 低渗透储集层 凝析油气田 反凝析 开采 特征

随着国内外勘探程度的不断提高,发现了越来越多的深层低渗透凝析气藏,该类气藏在凝析气田开发中的地位也日益重要。凝析气藏的重要开发特征就是存在反凝析现象。反凝析不仅会造成凝析油的损失,而且会降低气相的渗流能力,增加气藏开发的复杂性和获得较高经济效益的难度。因此,深入研究深层低渗透凝析气藏的反凝析特征,准确确定衰竭开发过程中的反凝析液量,是确定气藏开发政策的重要基础。笔者以某油田的深层低渗透凝析气藏为主要研究对象,通过 CVD 测试及真实岩心衰竭实验测试,研究了深层低渗透凝析气藏的反凝析特征。

一、定容衰竭(PVT 筒)反凝析特征

定容衰竭实验测试的目的是模拟凝析气藏衰竭式开发过程中的生产动态,预测凝析气藏衰竭开发过程中地层反凝析油饱和度等参数的动态变化规律。选取油田深层低渗透凝析气藏不同层位的 5 口井取样进行流体定容衰竭实验研究,其测试结果见图 1,反凝析特征表现在以下几个方面。

(1)在定容衰竭过程中,当压力降低至露点压力以下后,初始阶段反凝析液量随压力降低快速上升,随后上升速度减缓。当反凝析液量达到最大值后,随衰竭压力的降低反凝析液量逐渐减少。

(2)反凝析液饱和度中等偏低。该油田深层低渗透凝析气藏最大反凝析油饱和度为 1.28% ~ 9.34%,多在 7% 以下。我国塔里木盆地牙哈、柯克亚和塔中 4 等凝析气藏定容衰竭的最大反凝析油饱和度多为 15% ~ 30%^[1]。与这些气藏相比,该油田深层低渗透凝析气藏的反凝析液饱和度明显偏低,说明采用衰竭方式开发其凝析油损失较少。

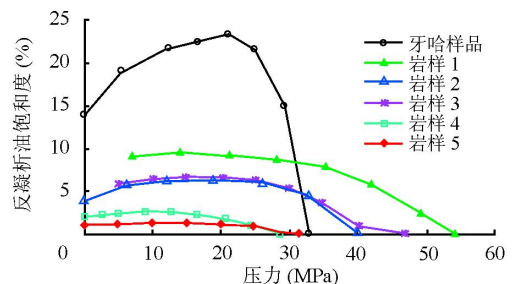


图 1 定容衰竭反凝析油饱和度变化曲线图

(3)反凝析堆积速度较低。牙哈凝析气田反凝析过程中,反凝析液堆积迅速。当地层压力下降约 12 MPa 时,即达到最大反凝析液饱和度。但是,该深层低渗透凝析气藏的反凝析堆积速度较慢,各个气井从反凝析开始到达到最大饱和度,压力下降幅度一般在 20 MPa 以上,其中岩样 1 压力下降 40.39 MPa 时反凝析液饱和度才达到最大值(见图 1)。

作者简介:戴岑璞,女,1980 年生,助理工程师,硕士;现主要从事油气田开发研究工作。地址:(610051)四川省成都市建设北路一段 83 号。电话:13880458919。E-mail:daicpyy1522@163.com

(4)在定容衰竭过程中,采出的井流体组成不断变化,初始阶段采出的井流体越来越轻,气油比逐渐增大。当压力降低至最大反凝析压力后,采出的井流体中重质组分有所增加,气油比有减小的趋势。这表明衰竭实验后期存在凝析油反蒸发现象。

二、多孔介质中的反凝析特征

定容衰竭反凝析特征是通过 PVT 筒实验测试得到的,而实际气藏流体的相态变化过程发生在地下多孔介质中。多孔介质界面现象(如界面吸附、毛细凝聚、润湿性和界面张力等)均会对流体的相态产生影响^[2-6]。因此,笔者采用长岩心衰竭实验进一步研究了气藏流体在多孔介质中的反凝析特征。

实验研究主要包括流体配制及 PVT 分析、岩心饱和度超声波测试标定实验和岩心中反凝析特征实验三个部分。采用超声波方法确定流体饱和度的原理为:在相同压力和温度条件下,岩心中油饱和度与声波时差成线性变化关系^[7-8]。本次长岩心衰竭实验是在长岩心驱替装置上完成的,此套装置主要由注入泵系统、长岩心夹持器、回压调节器、压差表、控温系统、液体馏分收集器、气量计和美国气相色谱仪等组成。

为了评价气藏有效储层,选择了物性相对较好的真实岩心进行试验,所选岩心基本物性参数见表 1。根据气藏地质特点,束缚水饱和度按 35% 建立,实验温度为地层温度。通过实验研究,得到流体在多孔介质中的反凝析特征如下。

表 1 衰竭实验岩心的基本物性参数表

岩心编号	岩心长度 (cm)	孔隙度 (%)	渗透率 ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)
75-28	5.2	10.11	0.204
69-5	6.05	13.84	8.86
18-225	7.12	13.1	0.86

(1)孔隙介质中的凝析气在压力降低至露点压力以下时即发生反凝析,并且随着衰竭压力降低,岩心中的凝析油饱和度逐渐上升,变化速度基本相同。当压力降到某一压力后,凝析油饱和度上升到最高值。其后压力继续下降,但反凝析油饱和度几乎不再发生变化。

(2)束缚水饱和度高低对反凝析油量有较大影响。69-5 岩心未包含束缚水,其反凝析油饱和度测试结果要比 75-28 和 18-225 岩心高得多,最大反凝

析油饱和度比 75-28 岩心高出近一倍(见图 2)。从 75-28 和 18-225 岩心凝析油饱和度的差异看,烃孔隙体积大小对反凝析油饱和度的影响不大。18-225 与 69-5 岩心烃孔隙体积相差仅约 2%,但最大反凝析油饱和度相差 50%,这表明束缚水饱和度对反凝析油饱和度具有较大的影响。

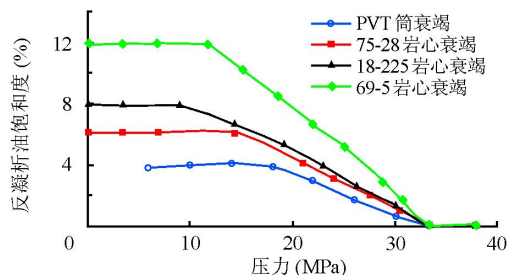


图 2 岩心衰竭实验测试凝析油饱和度对比图

(3)孔隙介质中最大反凝析油饱和度均小于临界流动饱和度。在衰竭过程中,含束缚水 31.01% 的 75-28 岩心最大反凝析油饱和度可达 6.14%,小于实测的临界流动饱和度 7.76%,说明凝析油析出后并未流动。69-5 岩心凝析油饱和度尽管较大,但由于未包含束缚水,测试结果远高于实际情况。

(4)在孔隙介质的反凝析过程中,采出的井流体组成也是不断变化的。初始阶段采出的井流体越来越轻,气油比逐渐增大。当压力降低至最大反凝析压力后,采出的井流体中重质组分和气油比几乎不变。这表明低渗孔隙介质中反凝析液析出后凝析油的反蒸发作用微弱。

三、岩心衰竭与定容衰竭特征对比

孔隙介质衰竭实验与定容衰竭实验结果相比,具有以下特点。

(1)岩心衰竭过程中凝析油饱和度高于 PVT 筒衰竭实验。从图 2 可以看出,岩心衰竭实验测试的 3 块样品的反凝析油饱和度均高于 PVT 筒衰竭实验结果。最接近该气藏特征的为含束缚水的 75-28 样品,最大反凝析油饱和度比定容衰竭测量的最大反凝析油饱和度要高 2% 左右。

(2)达到最大反凝析油饱和度的压力基本相当。岩心衰竭实验中,两块样品达到最大反凝析油饱和度的压力分别为 12 MPa 和 14.4 MPa,与实际地层流体定容衰竭实验中最大反凝析油饱和度压力 12.7 ~ 20 MPa 基本相当,比气藏标定的废弃压力 15 MPa 略低一些。这表明在气藏实际开发阶段内,反凝析油损失是不断增加的。

(3)多孔介质中随衰竭压力的降低反蒸发作用较小。在PVT筒的定容衰竭实验中,当凝析油达到最大饱和度后,随衰竭压力的降低,由于重蒸发作用,凝析油饱和度会出现下降的趋势。但是,在岩心衰竭实验中,凝析油达到最大饱和度后,随衰竭压力的降低凝析油饱和度并未出现下降的趋势,而是基本保持恒定。这表明在气藏开发中,由于低渗多孔介质的影响,析出的凝析油可能不会产生重蒸发,仍将损失于地下。

(4)在PVT筒的定容衰竭实验中,当凝析油达到最大饱和度后,随衰竭压力的降低,气油比有下降的趋势。但是,在多孔介质的衰竭实验中,当凝析油达到最大饱和度后,随衰竭压力的降低,气油比基本保持不变。

四、结 论

通过对油田深层低渗凝析气藏的反凝析特征实验研究,可得到以下结论。

(1)PVT筒的定容衰竭与多孔介质中的衰竭特征有较大的差异。由于流体的相态变化发生在储层多孔介质中,因此在可能条件下应尽可能采用岩心衰竭实验研究深层低渗凝析气藏的相态特征。

(2)该油田深层低渗凝析气藏衰竭开发过程中反凝析呈中等偏低水平,反凝析油饱和度小于10%。近井地层的反凝析液堆积速度较慢,最大反凝析液饱和度值对应的地层压力与气藏标定的废弃压力接近。这表明油田的深层低渗凝析气藏比较适合于采用衰竭方式开发。

(3)该油田深层低渗凝析气藏衰竭开发过程中产生的凝析油饱和度小于临界流动饱和度,凝析油在地层中析出后不会产生流动。同时,由于低渗多孔介质的影响,析出的凝析油可能不会产生重蒸发,在不增压开采的情况下,将全部损失于地下,反凝析液对地层的污染也会逐渐增强,因此在气藏开发过程中防止反凝析污染就显得非常重要。

参 考 文 献

- [1] 孙龙德.塔里木盆地凝析气田开发[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [2] 孙雷,黄全华,李士伦,等.凝析气藏近井地层油气产状及渗流特征[J].新疆石油地质,2004,25(4):403-406.
- [3] 张茂林,梅海燕,杜志敏,等.多孔介质中吸附作用对油气体系相态的影响[J].天然气工业,2004,24(11):109-112.
- [4] 杜建芬,李士伦,孙雷,等.多孔介质毛细凝聚对凝析气藏露点的影响研究[J].天然气工业,2001,21(3):56-59.
- [5] DU JJANFEN, LI SHILUN, SUN LEI. Effect of porous medium adsorption on the percolation law of condensate gas mixture[J]. SPE50926, 1998(12).
- [6] 姜贻伟,毕建霞,李闽,等.凝析气井反凝析污染对产能影响研究[J].西南石油学院学报,2005,27(6):46-47.
- [7] 杨金海,李士伦,郭平,等.孔隙介质相变超声波测试方法研究[J].西南石油学院学报,1999,21(3):22-24.
- [8] 郭平,杨金海,李士伦.超声波在凝析油临界流动饱和度测试中的应用[J].天然气工业,2001,21(3):22-25.

(收稿日期 2007-09-11 编辑 韩晓渝)