

注气混相驱中水气切换问题实验研究

彭远进¹ 刘建仪¹ 王仲林² 孙玉凯² 杨凯雷² 刘滨²

(1.“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室·西南石油学院 2.中国石油吐哈油田分公司)

彭远进等.注气混相驱中水气切换问题实验研究.天然气工业,2005;25(9):86~88

摘 要 葡北油田注气混相驱开发已取得了较好的效果,但该油田在水气交替注入过程中出现了水气切换问题,注水井转注气时气体注不进地层,导致油田水气切换方案无法正常实施。文章利用长岩心驱替实验研究产生此问题的机理和原因,表明在现场确定压缩机及其压力时,应考虑最高水气交替注入压力及压力上升的影响,避免频繁的水气交替;在注气开始时就应该进行示踪剂监测,葡北油田实施较晚,没有起到监测的作用;不论是水驱还是水气交替,都存在初始启动压差,要考虑增大注入压力以启动注气工程。

主题词 混相驱 注水 注气 交替注入 注入压力 启动压力

一、概 况

葡北油田位于吐哈盆地台北凹陷的西部,其构造埋藏较深(3390 m),地层温度为 92.6 ℃,原始地层压力为 37.80 MPa,原始泡点压力为 31.14 MPa,原始油气比为 468.64 m³/t,原油性质好,是一个挥发性背斜圈闭砂岩层状油藏。地下原油混相所要求的最小混相压力为 33 MPa,是一个较理想的进行注气混相驱矿场试验的油田。自 1998 年 9 月正式投入开发以来,注气开发已取得了较好的效果,也暴露出不少问题。目前,该油田在水气交替注入过程中出现了水气切换问题,注水井转注气时气体注不进地层,而注水井转注水则能实现。这一问题已导致油田水气切换方案无法正常实施,造成各井组注气段塞和水气比差异较大,部分井组注气段塞超过方案界限,对应生产井气油比上升,若不及时进行整体切换,可能导致注入气单井气窜,从而影响混相驱开发效果。为准确分析目前注水井转注气时地层吸气困难的根本原因,寻找解决水气切换问题的有效途径,从而开展此项研究,获得是否可以通过改变现场注入参数来解决水气切换的启动压力问题,即降低注入压力。

二、实验方案设计及准备

1.实验方案设计

室内采用长岩心驱替实验来模拟葡北油田水

驱、分离器伴生气驱、水气交替驱时的开发指标。实验温度为地层温度 92.6 ℃,实验压力为目前的地层压力 36.00 MPa。设计 8 组长岩心驱替试验(表 1)。

表 1 葡北油田 8 组试验内容

试验 编号	试 验 项 目	烃空隙体积 (HCPV)	气水比 (m ³ /m ³)
P-1	纯气驱动		
P-2	地层水恒速驱替		
P-3	WAG 恒压驱替	0.1	1:1
P-4	WAG 恒压驱替	0.05	1:1
P-5	WAG 恒压驱替	0.05	2:1
P-6	WAG 恒压驱替	0.05	1:2
P-7	WAG 恒压驱替	0.05	1:1
P-8	WAG 恒速驱混相流体	0.05	1:1

2.实验流体的准备

通过现场油气样品的色谱分析及井流体组成计算,得到葡北油田地层流体组成,其中,C₇₊ 相对密度为 0.8288,C₇₊ 分子量为 182.4。实验室配制的流体样品泡点压力为 36.00 MPa,气油比为 752.0 m³/m³,脱气油相对密度(20 ℃)为 0.8002,C₇₊ 相对密度为 0.8511,C₇₊ 平均分子量为 216.7。室内配制的地层水总矿化度为 85050 mg/L,水型为 CaCl₂ 型。注入水采用矿场实际的注入水,总矿化度为 607 mg/L,水型为 Na₂SO₄ 型。

作者简介:彭远进,1979 年生,硕士研究生;现从事注气提高采收率、流体相态、采油采气工艺等方面的研究。地址:(610500)四川省成都市新都区。电话:(028)66894885。E-mail:pengyuanjin2003@163.com

3. 长岩心及驱替装置的准备

岩心选用葡北油田的天然岩心,其平均渗透率为 $98.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均孔隙度为 18.02%,岩心总孔隙体积为 80.52 cm^3 ,总长度为 91.76 cm。驱替实验是在加拿大 Hycal 长岩心驱替装置上完成的。该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、气量计和气相色谱仪组成。

三、水气交替驱实验研究

1. 注入压差对比研究

通过气驱、水驱、水气交替驱注入压差的对比(图 1),可以看出,水驱试验时的注水压差开始增加较快,达到 1.00 MPa 后,出现一缓慢上升阶段,接着上升速度增加;水突破时压差达到 4.20 MPa 左右,水突破后压力开始下降。水气交替驱混相流体与驱地层原油两组试验对比,水气交替驱混相流体的注入压差比驱地层原油的小,说明混相流体的性质得到改善。

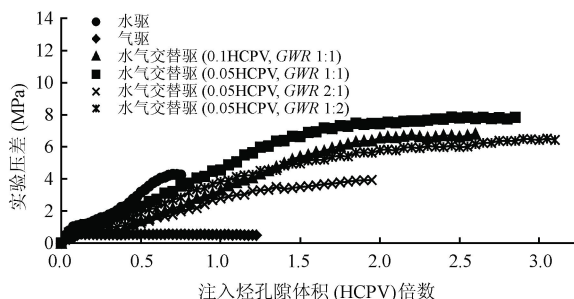


图 1 不同驱替实验的注入压差对比

对比不同气段塞尺寸的水气交替试验,注入压差随注入气段塞尺寸减小而增大,但提高幅度随注入体积的增大而减小,而且当气突破后压差增加幅度快速下降。水突破时,在 0.05 HCPV 倍比下的压差为 4.49 MPa,气突破时,在 0.05 HCPV 倍比下的压差为 6.06 MPa,在 1.8 HCPV 倍比下,0.05 HCPV 倍比的水气交替压差为 7.28 MPa。

不同气水比的水气交替试验时,注入压差随注入气水比的减小而增大,后又下降,说明水气交替频繁注入压差越高,当气突破后压差增加幅度下降,其中注入水越多,压差也越大。该现象可能是由岩心中渗流规律的变化引起的,即不同驱替阶段,油、气、水三相在岩心中的多少和分布不同,渗流从单一的油相到全部为油、气、水三相;也可能是由污染引起的。

气驱注入压差的变化规律如图 2 所示,可见注气初期压差上升很快,达到一最大值后突然下降,然

后趋于平缓下降,说明存在气驱启动压差。

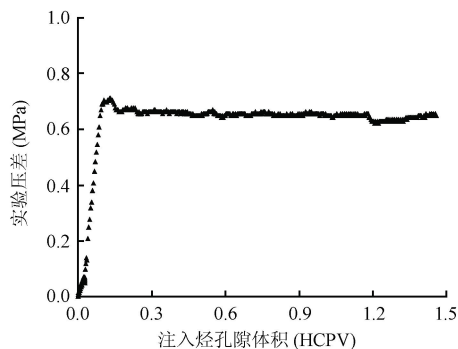


图 2 气驱实验的注入压差变化规律

2. 恒压驱注入流量的变化规律

恒压驱替过程中注入流量变化规律如图 3 所示,可见注入流量在 0~0.002 mL/min 之间变化,具有一定的随机变化规律。说明恒压下驱替流体进入岩心需要较长的时间,现场按恒压条件购买压缩机肯定会出现水气切换问题。

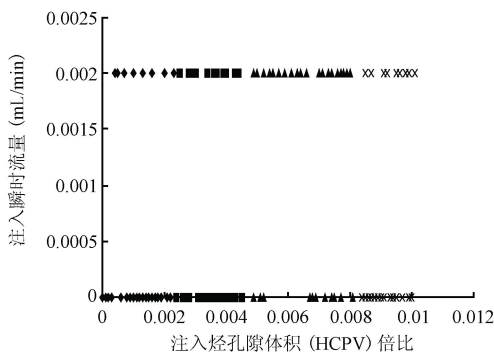


图 3 恒压驱替实验的注入流量变化

3. 恒速驱注入压差交替变化规律

图 4 给出了恒速条件下第 1~7 个交替周期的注入压差变化规律。从图中可以看出在注气转注水即气水切换时,出现压力突然下降的现象,每个周期下降的幅度不等,为 0.07~0.20 MPa,随后压力又不断升高并超过切换前的注入压力。在注水转注气即水气切换时,压力不断升高。在水气交替过程中,注入压差变化的总趋势是不断上升的。

用气水相渗曲线来适当表征在水气交替驱替过程中存在的压差变化总体上升的趋势。通过图 5 给出的气、水相渗曲线的对比可以看出,水驱气与气驱水的气相相渗结果差别很大,而水相相渗在两种条件下几乎相同。这是由于在气驱水过程中存在巨大的能量损失所致。当从气驱转水驱的过程中,水进入孔隙,气相相对渗透率将极大降低,导致实验压差

不断增大;在水驱转气驱过程中,由于孔隙中存在大量的水,用气挤出水就变得很困难,封闭气解封阻力大。

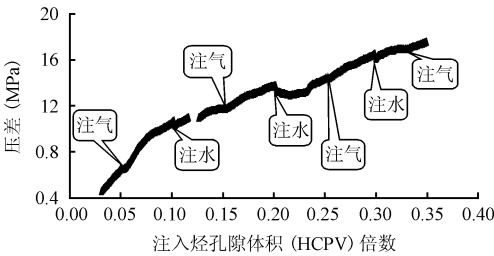


图 4 第 1~7 次水/气交替的注入压力变化

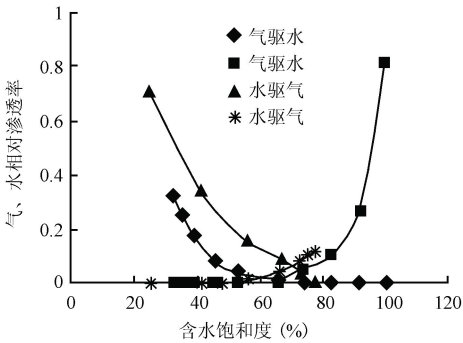


图 5 水、气相渗对比曲线

总之,不论是水驱还是水气交替,都存在初始启动压差。水驱初始启动压差最高,气驱启动压差最低,水气交替居中,但基本都在 0.1~0.125 HCPV 出现,说明水气交替前两个周期的压力没有达到其初始启动压力。因此,在各个不同的注入阶段要求不同的注入压力。现场购买压缩机时应考虑最高水气交替注入压力,否则出现注水转注气即水气切换时气体不能注进地层的问题。

四、结论与建议

(1)注气实验过程中注入压差随注入气段塞尺寸减小而增大,但提高幅度随注入体积的增大而减

小。注入压差随注入气水比减小增大后又下降,说明水气交替频繁注入压差越高,当气突破后压差增加幅度下降,其中注入水越多,压差也越大。所以应避免进行频繁的水气交替注入。

(2)恒压驱替试验中注入流量在 0~0.002 mL/min 之间变化,具有一定的随机变化规律。说明恒压压驱替流体进入岩心需要较长的时间。现场按恒压条件购买压缩机肯定会出现水气切换问题。

(3)不论是水驱还是水气交替,都存在初始启动压差,要考虑增大注入压力以启动注气工程。

(4)在水气交替过程中,注入压差变化的总趋势是不断上升的,当岩心全部出现油、气、水三相渗流后,注入压差约有所下降,然后基本稳定。说明在各个不同的注入阶段要求不同的注入压力。现场购买压缩机时应考虑最高水气交替注入压力。

(5)示踪剂监测应在注气开始时进行,本油田实施较晚,不能起到监测的作用。

参 考 文 献

1 刘宾,张俊.葡北油田注气混相驱开发技术.新疆石油地质,2002;23(5)

2 疏壮志等.碳酸盐岩裂缝性水驱气藏水锁实验研究.天然气工业,2004;24(6):89~92

3 钟太贤等.循环注气对凝析气藏凝析油的再蒸发作用.天然气工业,1997;17(6):34~37

4 李士伦,张正卿,冉新权等.注气提高石油采收率技术.四川成都:四川科学技术出版社,2001

5 杨承志,岳清山,沈平平.混相驱提高石油采收率(上).北京:石油工业出版社,1991

6 小斯托卡 F I,王福松译.混相驱开发油田.北京:石油工业出版社,1989

7 高振环,刘中春,杜兴家.油田注气开采技术.北京:石油工业出版社,1994

8 孙良田等编.油层物理实验.北京:石油工业出版社,1992

(收稿日期 2005-06-03 编辑 韩晓渝)