

神府区块致密气藏压后返排制度研究

王明昊

中联煤层气有限责任公司神府分公司 陕西榆林 719300

摘要: 致密气在压裂液返排程序中, 最重要的是确定合理的返排制度, 有效合理的返排制度要在裂缝闭合、压裂液破胶且不出砂的基础上, 尽快实现压裂液的返排, 将储层伤害降到最低。神府区块作为国内新兴致密气开发区块, 尚未形成适应区块特征的返排制度。本文通过研究神府区块储层特征, 返排动态特征, 总结返排过程中遇到的问题, 提出适合神府区块致密气藏的压后返排制度。该制度分为4个阶段: 闭合控制阶段、放大排量阶段、压力上升阶段、间歇放喷阶段。返排制度为神府区块压后返排控制操作提供了依据和保障, 提升了神府区块致密气藏压后改造效果。

关键词: 神府区块; 致密气; 返排制度

前言:

鄂尔多斯盆地素有“满盆气、半盆油”的美誉。其大规模勘探始于20世纪80年代, 经历多次转变, 在致密气、致密油领域不断取得新的突破和进展^[1-3]。神府区块构造上位于鄂尔多斯盆地东北缘伊陕斜坡和晋西挠褶带过渡带, 西侧紧邻神木和大牛地两大千亿方大气田。

中联公司神府分公司在神府区块已经勘探开发致密气4年多, 压裂试气110余口。神府区块致密气开采采用水力压裂改造技术实现商业开发, 压裂后形成的复杂裂缝系统使压裂液可分布于主裂缝、次生裂缝以及裂缝系统周围的基质侵入带中^[4]。致密气井压后返排阶段作为完钻井与生产之间衔接的关键一环, 返排程序是否科学合理对于压裂效果评价及后期生产效果影响极大, 返排速率控制不当, 容易造成支撑剂回流、裂缝导流能力降低甚至储层伤害^[5-6]。为了减小储层伤害和提高压后产量, 结合神府区块致密气储层特征, 制订适应该区致密气井特点的返排制度, 探索形成了“连续、平稳、精细、控压”的返排原则, 以期提高排采效率、达到最优产气效果^[7]。

一、神府区块储层特征

神府区块构造上位于鄂尔多斯盆地东北缘伊陕斜坡和晋西挠褶带过渡带, 西侧紧邻神木和大牛地两大千亿方大气田。整体呈北东—南西向单斜构造特征, 中部发育田家寨低幅背斜构造, 构造形态自深至浅具有较好的继承性^[8]。

神府区块物性样品统计结果表明: 致砂岩储层呈典型低孔低渗特征, 储层平均斜深2225m, 孔隙度平均为6.06%; 渗透率平均为0.29 mD。上部的石盒子组和石千峰组储层物性整体优于下部的本溪组、太原组和山西组储层。千5段和本1段物性较好, 是因为下组合地层沉积环境属于海陆过渡相—海相, 受河流和海洋双向水流的作用^[9-12], 砂岩分选较好、泥质杂基较少。其中, 千5段孔隙度为2%~10%的样品占比约为90%, 渗透率主要为0.01~0.50 mD, 占比约为85%; 本1段孔隙度为2%~10%的样品占比约为84%, 渗透率主要为0.1~1.0 mD, 占比约为75%; 太2段和山2段均次之。神府区块孔隙度大于10%的样品占比仅为16%, 渗透率大于1 mD的样品占比仅为19%, 整体上物性变化较小^[13]。神府区块低孔低渗的致砂岩储层必须经过水力压裂改造储层, 产生工业气流, 达到商业开发的目的。

二、神府区块返排动态特征

神府区块已完井直井中最高测试无阻流量为 22.28×10^4 m³/d, 水平井最高测试无阻流量为 51.03×10^4 m³/d, 平均无阻流量为 4.54×10^4 m³/d, 平均油、套压分别为3.3MPa、5.2 MPa, 返排试气周期平均约7 d, 平均返排率为41.63%, 平均氯根92820 mg/L。

三、神府区块返排过程中的问题

神府区块的返排过程普遍存在以下问题。(1) 由于现场计量手段原始, 压力通过人工观测记录, 工人不能及时更换合适的压力表, 导致压力误差较大;(2) 液量通过测量燃烧罐中液面计量, 燃烧罐中的泡沫和火焰会影响液位高低, 导致液量计量不准确;(3) 现场化学药品浓度与质量不能保证, 导致氯根化验结果误差较大, 可能误导返排制度的执行;(4) 现场工人、技术人员不能

作者简介: 王明昊, 1988年06月05日, 男, 汉族, 黑龙江省通河县, 中级工程师, 大学本科, 主要从事非常规致密气完井压裂。

及时发现油嘴刺坏、冰堵等现象, 导致返排数据错误, 现场放喷人员技术水平有待提高。

四、神府区块压后返排制度

针对神府区块储层特征, 返排动态特征, 总结返排过程中遇到的问题, 提出适合神府区块致密气藏的压后返排制度。压后关井0.5 h, 使压力扩散。裂缝闭合前, 支撑剂在裂缝中启动流速低, 不宜用大油嘴返排; 裂缝闭合后, 油嘴随压降变化敏感, 可以及时更换大油嘴进行返排。根据压裂工艺、管柱特点和地层的需要, 放喷过程分为4个阶段: 闭合控制阶段、放大排量阶段、压力上升阶段、间歇放喷阶段^[14]。

4.1 闭合控制阶段

根据压后停泵压力的大小及压力降落情况来确定工作制度。停泵压力高压力降落慢, 要选择小的油嘴, 反之选择大的油嘴。现场通常用2-6 mm油嘴控制, 排量控制在100-200 L/min。

特点分析: (1) 由于采用前置液拌注氮气, 压裂后井底附近地层空隙基本被液体占据, 短时间内液体不易与氮气和天然气混合, 液体中溶解的气量较少, 所以此阶段排出物以液体为主; (2) 因压裂施工的欠量顶替以及压裂液残余粘度的影响, 此阶段通常有部分支撑剂被带出地面, 一般在0.5 m³左右; (3) 通常油压降落速度要高于套压降落速度, 当套压高于油压1MPa时, 封隔器解封, 油管内的液体在油套管压差和地层压力及液体的弹性能量作用下排出井筒; (4) 当井底压力低于裂缝闭合压力, 裂缝完全闭合时, 控制排量阶段结束, 这个过程一般需要2-4 h。

4.2 放大排量阶段

通常用8-10 mm油嘴控制或敞放, 排量控制在500 L/min以下, 以地层不出砂, 放喷管线出口不见砂粒(或检查出嘴的磨损程度)为控制原则。

特点分析: (1) 此阶段初期排出物以液体为主, 流体为塞状流, 后期为气液两相流。在此阶段通常可以见气点火; (2) 裂缝完全闭合, 支撑剂受岩石应力的挤压作用被夹持在裂缝壁面内部, 能够比较稳定的固定在一个位置上; (3) 此阶段油、套压经历了一个先降落至零后再升高的过程, 地质条件好的井油压只降到2-3MPa左右, 而且油压要先于套压上升; (4) 这个过程因井的类别不同, 所需时间有较大差别, 从几小时到十几个小时不等; (5) 由于气体的指进效应, 地层中氮气、天然气向井筒运移速度要快于液体, 气、液溶解度增大, 进入油管内的气量增加, 喷式加大, 井口油压上升, 流体呈

气液混合状态, 出口见喷势, 此阶段结束^[15]。

4.3 压力上升阶段

用6-10 mm油嘴进行控制, 并随着气量增大、压力上升而逐步减小油嘴。

特点分析: (1) 阶段初期呈气液两相流, 中期呈段塞流, 先是一段含液气体之后是一段含气液体, 后期因氮气和天然气的溶解度增大, 以致在流动过程中形成不了水柱, 而只能在高速气流带动下以雾状形态排出井筒。(2) 油压上升到2-3MPa以上。(3) 返排率在70-80%以上, 即可转入后期间放阶段。

4.4 间歇放喷阶段

由于地层远处液体向油管聚集的速度小于气体, 返排液量减少, 出气量增大, 排液效率降低, 则应关井恢复, 采取间开工作制度, 选择4-8 mm油嘴放喷。

特点分析: (1) 关井时, 由于油套环形空间截面积较油管流通截面积大, 进入环形空间内的气量多, 气体与液体进行置换后占据液体上部空间, 并在液体上部形成一定的压强而将环形空间的液体推向油管, 同时地层内液体也进入井筒; (2) 当井口压力上升速率较低时, 说明表压加液柱压力已接近地层压力, 地层流向井底的液体减少, 这时应开井放喷; 当开井后见到雾状流就应再次关井恢复; (3) 油管内流体状态从井口到井底为纯气段、气液过渡带段、液体段(含溶解气)。开井后的第一段是纯气流, 第二段是两相流(气液过渡段以气为主), 第三段是塞状流(液柱段), 第四段为气液两相流, 气水同喷, 第五段为雾状流; (4) 从中期控制阶段到结束放喷, 逐渐由油压高于套压转变为套压高于油压, 当井内为纯气柱时, 关井油套压基本达到平衡, 液体返排率不再变化, 并达到一、二、三类井的关井恢复数值, 整个放喷过程结束^[16]。

五、结束语

(1) 神府区块致密砂岩储层呈典型低孔低渗特征, 孔隙度平均为6.06%; 渗透率平均为0.29 mD。低孔低渗的致密砂岩储层必须经过水力压裂改造储层, 产生工业气流, 达到商业开发的目的。

(2) 现场返排过程存在压力、返排液量计量不准确, 氯根化验结果误差较大, 现场放喷人员不能及时发现油嘴刺坏、冰堵等问题。导致返排数据不准确, 返排制度执行不到位。

(3) 根据压裂工艺、管柱特点和地层的需要, 返排制度分为4个阶段: 闭合控制阶段、放大排量阶段、压力上升阶段、间歇放喷阶段。

参考文献:

[1]杨华,傅锁堂,马振芳,席胜利.快速高效发现苏里格大气田的成功经验[J].中国石油勘探,2001(04):89-94.

[2]赵振宇,郭彦如,徐旺林,张延玲,高建荣,张月巧.鄂尔多斯盆地3条油藏大剖面对风险勘探的意义[J].石油勘探与开发,2011,38(01):16-22.

[3]何海清,范土芝,郭绪杰,杨涛,郑民,黄福喜,高阳.中国石油“十三五”油气勘探重大成果与“十四五”发展战略[J].中国石油勘探,2021,26(01):17-30.

[4]陈守雨,修书志,宋博,张佩波,高萌迪.页岩气井压后返排动态模拟研究[J].中外能源,2016,21(07):

43-50.

[5]韩慧芬,王良,贺秋云,杨建.页岩气井返排规律及控制参数优化[J].石油钻采工艺,2018,40(02):253-260.

[6]韩慧芬,马辉运,王良,高新平,杨斌.页岩气井压裂返排液损害实验评价及机理研究[J].钻采工艺,2019,42(03):97-100+12.

[7]蒋佩,王维旭,李健,王飞,周雅琴,刘亚龙.浅层页岩气井控压返排技术——以昭通国家级页岩气示范区为例[J].天然气工业,2021,41(S1):186-191.

[8]米立军,朱光辉.鄂尔多斯盆地东北缘临兴—神府致密气田成藏地质特征及勘探突破[J].中国石油勘探,2021,26(03):53-67.