

二氧化碳吞吐试验中油层堵塞的原因

钱思平¹, 杜培敏¹, 乔保林¹, 周旭煌¹, 张秀琼¹, 游小森² 莫 冰¹

(1. 中原油田分公司勘探开发科学研究院; 河南濮阳 457001;

2. 中原油田分公司科技处, 河南濮阳 457001)

摘要: 二氧化碳吞吐试验中, 不明泥状物、油层中的无机物和重质有机物及返排速度均有可能引起油层堵塞。中原油田文 65-84 井试验结果表明, 不明泥状物主要来自井筒和地面, 与油层堵塞无直接关系; 油层中的无机物主要为碳酸钙, 尽管其溶解度随二氧化碳分压的下降而下降, 但温度的下降, 又会使其溶解度增加, 二者综合作用, 碳酸钙的溶解度反而上升, 所以并不会产生油层堵塞; 二氧化碳的注入, 使油层温度下降, 重质有机物(石蜡、沥青等)析出, 从而导致了油层堵塞, 因此, 因温度下降而析出的重质有机物才是油层堵塞的真正原因。另外, 在油层较薄的情况下, 大排量返排使得近井地带温度降低, 有可能使重质有机物析出而使油层堵塞, 因此, 在实际中并非返排速度越快越好。

关键词: 二氧化碳; 吞吐试验; 重质有机质; 油层堵塞; 中原油田

第一作者简介: 钱思平, 男, 33 岁, 工程师, 三次采油

中图分类号: TE357.6

文献标识码: A

中原油田是一个复杂小断块油气田, 具有地层温度高 (70~140℃)、地层水矿化度高 ($18 \times 10^4 \sim 30 \times 10^4$ mg/l)、地层原始压力高、地层渗透率低(一般低于 100×10^{-3} μm²)等特点。宏观评价认为: 中原油田大部分油藏适合注 CO₂ 提高采收率, 其典型油藏的室内实验结果表明提高采收率幅度在 10% 左右。为了更进一步了解 CO₂ 在油藏实际条件下的增油效果及工艺适应性, 1998 年开展了两口井的二氧化碳吞吐先导试验, 其中, 一口井(胡 19-7 井)试验进展顺利, 最高日产增油幅度超过 100%, 效果明显; 但另一口井(文 65-84 井)在吞吐采油阶段出现了油层堵塞现象。通过试验前后情况对比分析, 初步推断该油井不出油的原因是近井地带油层产生了堵塞, 本文就产生这一现象的原因进行了分析和讨论。

1 不明泥状物

不明泥状物取自尾管, 被堵塞的尾管长约 4 m, 最初判断它可能是来自油层的返排物或地面的不明携带物。原子吸收光谱分析结果表明, 不明泥状物的主要成分是 Fe₂O₃ (38.27%), 其次是石英(含量 37%), 而钙、镁的成分含量很低(6.3%)。

由于该井地层水型是 CaCl₂ 型, 不含铁质成分, 所以不明泥状物主要来自井筒和地面, 石英是作业过程中携带地面泥土所致; 铁化合物是 CO₂ 溶于水后生成的弱酸——碳酸腐蚀油、套管的结果。据此可以认为取自尾管的不明泥状物与该井油层堵塞没有直接的关系(图 1)。

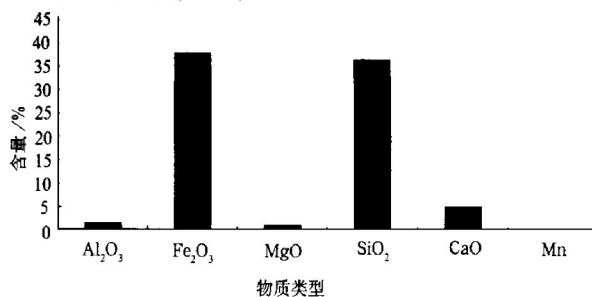


图 1 不明泥状物组分图

Fig. 1 Composition of unknown mud-like matter

2 油层析出物

2.1 无机物

为了弄清该井是否是由于注 CO₂ 后形成了碳酸钙等无机盐类堵塞, 在实验室开展了三方面的实验*: (1) 注二氧化碳前后地层平均渗透率的变化; (2) 注 CO₂ 前后岩样碳酸钙含量的变化; (3) 不同温

* 孙良田, 张思永, 郭平, 等. 二氧化碳吞吐可行性研究. 西南石油学院专题研究报告. 1998

度、压力对样品碳酸钙溶解度的影响。

实验一表明, 注 CO_2 后的岩芯平均渗透率比注 CO_2 前提高了 9.29%, 说明注 CO_2 不仅不会造成油层堵塞, 反而会使渗透性得到改善。另外根据巴什基里亚石油科学研究设计所的室内实验资料, CO_2 作用后, 砂岩地层渗透率可提高 5% ~ 15%, 白云岩地层渗透率可提高 6% ~ 75%。实验二表明, 试验井注 CO_2 后岩样的碳酸钙平均含量比注 CO_2 前减少了 7.34%, 因此认为注 CO_2 未造成碳酸钙在油层中沉淀。实验三表明, 温度下降, 碳酸钙的溶解度上升(图 2), CO_2 吞吐返排过程是一个吸热过程, 返排后的地层温度比返排前低, 也就是说从温度对碳酸钙的溶解度影响因素来看, 不可能形成碳酸钙堵塞; 尽管碳酸钙的溶解度随 CO_2 分压的下降而下降(图 3), 温度和压力同时下降时, 碳酸钙的溶解能力却是逐渐增加的, 因此并不会产生堵塞。

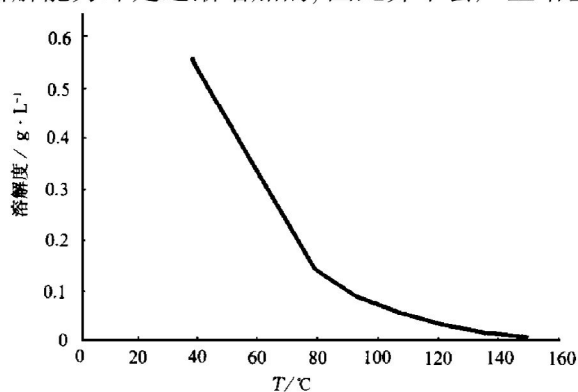


图2 温度对碳酸钙溶解度的影响
(压力 1.2 MPa 条件下)

Fig. 2 The influence of temperature on solubility of CaCO_3

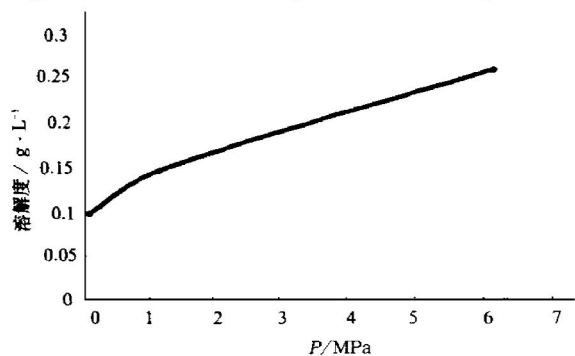


图3 压力对碳酸钙溶解度的影响
(温度 79 °C 条件下)

Fig. 3 The influence of pressure on solubility of CaCO_3

实际吞吐情况显示, 返排初期生产势头良好, 折算日产油 12 t, 返排以前油层没有出现碳酸钙沉淀, 也说明了该井油层的堵塞并不是因碳酸钙类无机盐沉淀造成的。

2.2 重质有机物

所谓重质有机物堵塞即指石蜡、沥青从原油中析出而堵塞油层。固体石蜡在原油中的溶解度主要受温度影响, 温度降低, 溶解度明显降低, 当原油达到饱和状态后, 温度降低, 石蜡、沥青就会结晶析出。

影响沥青质沉淀的因素有温度、原油组分和饱和压力。沥青质的溶解度随温度下降呈线性下降; 随着原油轻质组分的损失, 在特定温度下原油中的石蜡和沥青质的溶解度下降; 在 $P < P_b$ 条件下会产生过饱和的沥青, 因此当极度欠饱和轻油压力下降时会产生大量沥青质沉淀。重质有机物的结晶量随温度的下降而增加, 随压力的下降而减少, 但温度的影响更大(图 4)。文 65-84 试验井油层温度较低(68℃), 地层压力较低(4.8 MPa), 油质轻(密度 0.83), 返排时气体在井底迅速膨胀, 吸收大量的热, 油层温度进一步下降, 为重质有机物晶体的析出创造了有利条件, 另外 CO_2 萃取轻质成分的作用也打破了原油原有的平衡状态, 重质有机物溶解度下降。总之各方面综合作用的结果导致了重质有机物的沉淀, 从而堵塞地层。

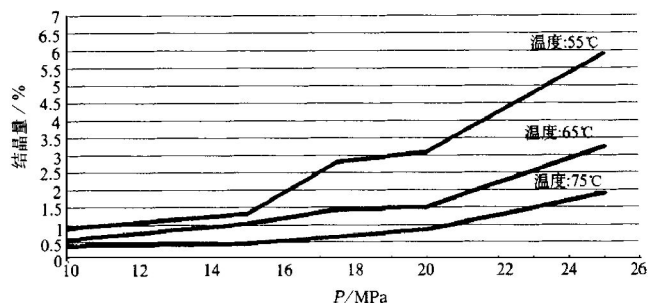


图4 压力、温度对有机物结晶量的影响

Fig. 4 The influence of pressure and temperature on crystallinity of organic matter

1998年6月对油井进行了综合热解堵处理, 解堵后该井生产恢复了正常, 初期日产液 19.5 t, 正常日产液 1.6 t, 不含水。这说明了重质有机堵塞物在高温条件下, 由固相沉淀状态变为了液相的可流动状态, 在快速返排工艺下流到油井内, 油层堵塞得到了解除, 同时重质有机物堵塞的观点也得到了验证。

3 返排速度

根据二氧化碳吞吐理论, 初期返排速度越大, 吞吐效果越好。实际上, 在油层厚度较薄的条件下,

(下转第 244 页)

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF FRACTURED RESERVOIR: take the basement rock reservoir of Qijia buried hill in Liaohe Oilfields as an example

Yin Zhijun¹ Peng Shimi¹ Gao Rongjie²

(1. Petroleum University, Beijing; 2. Liaohe Oilfields, Panjing, Liaoning)

Abstract: Paleostress value, fractural porosity and fracture fractal dimension could be used to demonstrate the basement rock reservoir of Qijia buried hill in Liaohe Oilfields. The paleostress value determined the development of the reservoir fractures. Use bilateral log curves to recognize fractured interval and calculate fractural porosity and then use 3-D data to predict the distribution of fractured zone. Finally use paleostress value, fractural porosity and fracture fractal dimension to evaluate fractured reservoir. The result indicates that I ~ II type fractures developed well, could form favourable reservoir.

Key words: fractured reservoir; paleostress value; fractural porosity, fracture fractal dimension; synthetic evaluation

(上接第 239 页)

大排量返排使得二氧化碳在井底迅速膨胀, 吸收大量的热, 使得近井地带油层温度快速下降, 当温度下降到临界点时石蜡、沥青开始析出并沉积在近井地带, 堵塞地层。因此, 当油层较薄时, 返排速度过

大, 有可能间接导致油层堵塞。

致谢 本文得到了采油一厂、西南石油学院、北京石油勘探开发科学研究院、郑州大学等单位的大力支持和帮助, 在此一并感谢。

THE REASON OF RESERVOIR BLOCKAGE IN CO₂ SWALLOWING-SPITTING TEST

Qian Siping¹ Du Peimin¹ Qiao Baolin¹ Zhou Xuhuang¹ Zhang Xiuqiong¹ You Xiaomiao² Mo Bing¹

(1. Research Institute of Exploration and Development, Zhongyuan Oilfield Company, Puyang, Henan;

2. Department of Science and Technology, Zhongyuan Oilfield Company, Puyang, Henan)

Abstract: In the test of CO₂ swallowing-spitting made in Zhongyuan Oilfields, a new problem of reservoir blockage near wellbore area has arisen. The test result of Wen 65-84 Well in Zhongyuan Oilfields suggests that unknown mud-like matter and inorganic matter CaCO₃ could not cause the reservoir blockage, the dialysis of heavy organic materials (paraffin, bitumen) caused by CO₂ injection and the drop down of temperature is the real reason of the reservoir blockage.

Key words: CO₂; swallowing-spitting test; heavy organic matter; oil reservoir blockage, Zhongyuan Oilfields