

文章编号: 1001-6112(2000)01-0081-04

# 陕北韩渠油田长<sub>2</sub> 储层伤害地质因素分析

吴亮, 李雪雁, 段小群

(中国新星石油公司华北石油局规划院, 郑州 450006)

**摘要:** 通过对陕北韩渠油田长<sub>2</sub> 储层的岩性、物性、孔隙特征、填隙物成分及地层流体的分析和研究, 探讨了油田勘探开发过程中引起长<sub>2</sub> 储层伤害的主要地质因素, 认为有机垢堵塞、酸敏以及水锁效应是导致长<sub>2</sub> 储层伤害的主要地质因素, 水敏、速敏及流体性质也可引起一定程度的储层伤害。在油田开发过程中, 建议向地层中注入防蜡剂、粘土稳定剂、铁离子稳定剂、控制注入水的水质标准及增加采油压差等方法来预防或减轻可能出现的储层伤害。

**关键词:** 地质因素; 储层伤害; 韩渠油田; 陕北

**中图分类号:** TE258

**文献标识码:** A

油田储层是一个岩石-油(气)-水共存的复杂体系, 在钻开油气层之前, 这个体系存在着物理、化学、热力学、流体学等多种平衡状态; 在钻井、完井、压裂、注水、采油等一系列油田开发施工过程中, 随着外界条件的改变以及各种流体的加入, 会打破储层原有的各种平衡, 可能引起储层伤害, 造成渗透率降低, 产能下降。因此, 保护储层, 防止储层伤害已成为提高油气产量和采收率的关键。但是, 无论那一种伤害, 储层本身的内在条件均是主要因素, 要防止储层伤害, 首先必须研究引起储层伤害的内在因素, 即找出地质上的伤害源。

## 1 油田地质概况

韩渠油田位于陕西省定边县砖井乡韩渠村, 区域构造位置位于鄂尔多斯盆地一级构造单元伊陕斜坡西部中段。伊陕斜坡在整个鄂尔多斯盆地发育过程中, 受到大地构造运动非常微弱, 斜坡呈向西倾斜的平缓单斜, 倾角不到 1°, 韩渠油田油藏构造就在伊陕斜坡大背景下生成发育, 主要为低幅度小型鼻状构造。油田内主要含油层系为上三叠统延长组的长<sub>2</sub>、长<sub>3</sub> 和下侏罗统延安组延<sub>10</sub> 油层, 埋深一般在

1700~2100m。在这 3 段油层中, 延<sub>10</sub> 储层物性较好, 长<sub>2</sub>、长<sub>3</sub> 油层物性相似。现以长<sub>2</sub> 油层为例来分析油田储层特征。

## 2 长<sub>2</sub> 储层特征

### 2.1 储层岩性特征

长<sub>2</sub> 油层为一套河道相或三角洲分支河道相沉积, 储集层岩性为灰白色、灰色岩屑长石细砂岩, 偶见长石岩屑砂岩。碎屑颗粒含量 82%~93%, 颗粒粒度主要分布在 0.03~0.5mm 之间, 以细砂岩为主, 次为中砂岩。根据 HT-1, HK-14 井长<sub>2</sub> 储层岩石薄片、铸体薄片<sup>●</sup>分析, 砂岩岩性有以下特征。

碎屑成分有石英、长石、岩屑, 其中石英 30%~60%, 平均值 50%, 石英碎屑以单晶石英为主; 长石 20%~63%, 平均值 34.10%, 长石主要为钾长石、斜长石; 岩屑 7%~18%, 平均值 15%, 岩屑成分主要为花岗岩、燧石、泥岩、石英岩、千枚岩、碳酸岩、粉砂岩等。碎屑颗粒以次棱角-次圆状为主, 分选中等-好, 结构成熟度、成分成熟度较好。

填隙物有杂基和胶结物。杂基含量 3%~12%, 平均值 6.8%, 主要成分为绿泥石, 少量白云母; 胶

收稿日期: 1999-03-16; 修订日期: 1999-09-06.

作者简介: 吴亮(1972-), 男(汉族), 河南新乡人, 助理工程师, 主要从事岩矿、煤岩学和储层物性的研究。

● 华北石油局局控项目. 陕北韩渠油田新增储量报告, 1997.

结物主要有自生高岭石, 含量 0~14%, 白云母 0~5%, 另含少量硅质及长石、石英加大边。

岩石为颗粒支撑, 孔隙式胶结, 颗粒之间早点-线式接触, 少量凹凸接触, 以压实成岩作用为主, 压实程度中等。

## 2.2 储层物性及孔隙结构特征

### 2.2.1 储层物性

长<sub>2</sub> 储层共有 97 个样品的孔隙度、渗透率测试数据。在 97 个孔隙度数值中, 只有一个数值(n=3.12%) 分布在 2%~4% 特低孔隙度区间, 占样品总量的 1.03%, 此类样品为夹层。其余样品的孔隙度均大于 8%, 占样品总量的 98.97%, 孔隙度的峰值区间为 12%~16%, 占样品总量的 86.60%。扣除夹层样品后, 平均孔隙度为 13.24%。

在 97 个渗透率数值中, 渗透率分布在(0.08~80) × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup> 之间, 峰值区间为(2.5~20) × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>, 占样品总量的 85.51%, 在 97 个样品的渗透率数据中, 最小渗透率为 0.151 × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>, 最大渗透率为 42.739 × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>, 扣除相应的夹层渗透率后, 渗透率平均值为 8.66 × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>。

总体上看, 长<sub>2</sub> 储层属低孔低渗储层, 均值性较好。

### 2.2.2 孔隙类型

由于沉积和成岩后生作用的影响, 长<sub>2</sub> 储层中形成了多种孔隙类型。HT-1、HK14、HK17 井的岩石薄片、铸体薄片、扫描电镜等资料<sup>●</sup>反映, 孔隙类型主要为原生粒间孔, 其次为少量的次生溶孔、微裂缝、微孔隙。原生粒间孔存在于颗粒、杂基、胶结物之间, 在压实成岩作用下体积有所减小, 占总储集空间的 90%~98%, 平均值 95%, 面孔率平均值为 13.06%; 次生溶孔包括粒间溶孔、粒内溶孔, 面孔率约 1%; 微裂缝包括溶缝、破裂缝、构造裂缝, 发育局限, 面孔率小于 1%; 微孔隙是指半径小于 0.5 μm 的孔隙, 主要指高岭石晶体之间的细小孔隙, 由于孔隙细小, 渗透性差, 被认为是无效孔隙。

### 2.2.3 孔隙结构

孔隙结构是指储层岩石中的孔隙和喉道的几何形态、大小、分布与连通的关系。根据铸体薄片、压汞(表 1) 及扫描电镜资料<sup>●</sup>的分析, 长<sub>2</sub> 储层中的孔隙以原生孔隙为主, 其形状可用等效球体来近似, 孔隙直径分布在 0.01~0.64mm 之间, 平均孔隙直径

表 1 长<sub>2</sub> 油层孔隙参数统计表

Table 1 Pore parameters of reservoir C-2

统计值	孔隙直径 /mm	排驱压力 /MPa	中值毛管压力 /MPa	喉道均值 /μm	喉道中值 /μm
最小值	0.01	0.089	0.263	1.00	0.46
最大值	0.64	34.89	34.169	13.69	6.0
平均值	0.11			5.33	1.43

为 0.11mm, 为粗孔径储层; 喉道是孔隙之间的收缩部分, 其大小、分布控制着岩石的渗透性。长<sub>2</sub> 储层的主要喉道类型是可变断面收缩形成的喉道, 存在于粒间孔之间, 呈管束状, 可用有效毛管半径来近似, 次要喉道类型为存在于缝隙之间的片状喉道, 均值在 1.00~13.69 μm 之间, 平均喉道均值 5.33 μm, 喉道中值在 0.046~6.0 μm 之间, 平均喉道中值 1.43 μm, 喉道类型为细喉。在所有喉道中, 半径为 1.1719~9.375 μm 之间的喉道对渗透率贡献最大, 峰值为 1.6573 μm。偏度呈粗歪度, 峰态接近正态曲线。

长<sub>2</sub> 储层的孔隙结构为细喉粗孔, 孔喉比高。

### 2.3 储层的填隙物特征

根据岩石薄片、扫描电镜、X 射线衍射等分析资料<sup>●</sup>, 长<sub>2</sub> 储层中的填隙物主要有粘土矿物、白云石、方解石、长石与石英次生加大等。

长<sub>2</sub> 储层中的粘土矿物含量一般为 6%~7%, 成因类型主要为自生成因, 其中高岭石约占 70%, 以蠕虫状倒六边形体组合充填在原生粒间孔隙中; 绿泥石约占 20%, 以条片状垂直排列于颗粒表面, 构成薄膜式胶结(衬垫式胶结); 伊利石含量为 4%, I/S(混成比为 50%) 约占 6%。

白云石含量一般为 1%~6%, 粉-细晶结构, 呈斑点状充填于颗粒之间的原生孔隙中; 局部层位方解石含量较高, 可达 19%~28%, 呈中-粗晶结构, 充填于颗粒之间的原生孔隙中, 使孔隙基本消失, 而成非储集层。

石英、长石次生加大, 含量一般 1%~2%, 造成孔喉半径的缩小。

有机质主要由粘土矿物吸附的胶质及沥青质组成, 含量较少。

## 2.4 储层流体性质

### 2.4.1 原油性质

● 华北石油局局控项目. 陕北韩渠油田新增储量报告, 1997.

长<sub>2</sub> 储层的地层温度为 63.5℃, 原油呈墨绿色、不透明、具有二低二少三高的特点<sup>●</sup>: (1) 低密度、低粘度 (2) 少含硫、少含胶质、沥青 (3) 高含蜡、高凝固点、高初馏点 (见表 2)。以上表明本区原油为典型的陆相蜡基原油。

表 2 长<sub>2</sub> 油层原油性质统计表

Table 2 Crude oil quality in reservoir C-2

统计值	密度 / g · cm <sup>-3</sup>	粘度 / mPa · s	硫 / %	沥青 / %	石蜡 / %	凝固点 / °C	初馏点 / °C
最小值	0.8429	5.42	0.06	5.11	14.02	21	62.8
最大值	0.8781	12.64	0.07	8.31	18.23	26	103.3
平均值	0.8588	7.15	0.0675	6.722	16.72	23.31	80.4

#### 2.4.2 油田水性质

长<sub>2</sub> 油层的地层水分析结果<sup>●</sup>表明: 地层水类型为 CaCl<sub>2</sub> 型, 密度为 1.04g/cm<sup>3</sup>, 油田水中占优势的离子是 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>, 呈弱酸性, 高矿化度 (表 3)。

表 3 长<sub>2</sub> 地层水性质统计表

Table 2 Properties of formation water in reservoir C-2

统计值	pH	矿化度 / mg · L <sup>-1</sup>	总硬度 / mg · L <sup>-1</sup>	总碱度 / mg · L <sup>-1</sup>
最小值	6.32	62120	81.86	7328.19
最大值	6.86	71050.71	234.83	8301.86
平均值	6.75	66372	164.45	7763.78

### 3 长<sub>2</sub> 储层伤害的地质因素分析

引起储层伤害的原因主要来自两个方面, 一是由于外来流体与地层流体的不配伍, 从而造成乳化堵塞、无机垢堵塞、有机垢堵塞及地层内固相沉淀的堵塞; 二是外来固相颗粒的侵入造成孔喉的堵塞等。总之, 造成储层伤害的内在原因主要是储层本身的地质特征。通过对长<sub>2</sub> 储层的岩性、物性、填隙物特征、孔隙结构、地层流体性质等各种地质特征的分析, 长<sub>2</sub> 储层的潜在伤害因素主要有以下几个方面。

#### 3.1 敏感性矿物的潜在伤害

##### 3.1.1 胶体堵塞

长<sub>2</sub> 砂岩的填隙物中, 存在绿泥石、方解石、白云石等酸性矿物。其中的绿泥石与盐酸作用后, 可能形成 Fe(OH)<sub>3</sub> 及 SiO<sub>2</sub> 凝胶沉淀; 方解石、白云石与 HF 作用后, 可形成 CaF<sub>2</sub> 沉淀。由于酸性矿物在长<sub>2</sub> 砂岩填隙物中含量较多, 因此, 酸敏是造成长<sub>2</sub> 储层伤害的重要潜在因素。

长<sub>2</sub> 砂岩中含有一定量的分散微粒, 主要是呈杂基出现的细粉砂级长石、石英以及充填于孔隙当中的高岭石、伊利石等。这些微粒在紊流、高速流及压力剧烈波动的条件下, 可以迁移, 堵塞喉道。此外, 绿泥石等酸性矿物与酸反应不完全时, 其残余微粒也可在油层内迁移, 造成喉道堵塞。

##### 3.1.3 水敏

伊-蒙混层矿物遇淡水后, 将发生一定程度的体积膨胀, 甚至发生脱落, 从而造成孔喉半径的缩小或堵塞喉道。由于长<sub>2</sub> 储层内的伊-蒙混层矿物含量较少, 因此, 水敏造成的储层伤害较弱。

#### 3.2 孔隙结构的潜在伤害

长<sub>2</sub> 油层属于低孔低渗、细喉粗孔型储层。在钻井、完井、压裂、采油等一系列施工过程中, 微细固相颗粒进入油层可造成孔喉堵塞; 钻井液、完井液、压裂液侵入与地层束缚水不配伍时, 可造成沉淀或水锁效应。

#### 3.3 地层流体的潜在伤害

长<sub>2</sub> 储层中的原油是具有二低二少三高的典型陆相蜡基原油, 在油田开发过程中, 若注入流体的温度大大低于油层温度, 加上原油的流动散热、脱气等因素, 引起温度、压力下降, 原油中的石蜡可能在井壁附近储层或井筒内沉淀, 形成有机垢堵塞<sup>[1]</sup>。有机垢不仅堵塞油层, 引起渗透率下降, 而且能引起油层润湿性发生从水湿到油湿的反转, 从而使油井的产水量增加, 产油量减少。

长<sub>2</sub> 油层中的油层水是高矿化度的 CaCl<sub>2</sub> 型, 其中含有大量的 Ca<sup>2+</sup> 离子。在钻采过程中, 随温度、压力的下降及水中溶解的天然气的逸出, 或注入流体与地层水不配伍, 原有的化学平衡可能会被打破, 导致 CaCO<sub>3</sub> 等无机垢的形成。

### 4 结论与建议

(1) 韩渠油田长<sub>2</sub> 储层属于低孔低渗、细喉粗孔型储层; 砂岩的成分成熟度、结构成熟度中等; 填隙物成分复杂, 以高岭石、绿泥石、白云石、方解石为主, 酸性矿物含量较多; 地层水是高矿化度 CaCl<sub>2</sub> 型地层水; 原油是具有二低二少三高特点的典型陆相蜡基原油。

(2) 根据对长<sub>2</sub> 油层地质特征的分析, 认为引起储层伤害的潜在地质因素主要为酸敏、有机垢堵塞、水锁; 其次为速敏、水敏等。

的水质标准, 向地层中注入粘土稳定剂、铁离子稳定剂、防蜡剂和提高采油压差等方法, 来减轻或预防储层伤害。

#### 参考文献:

- 1 樊世忠, 鄢捷年, 等. 钻井液、完井液及保护油气层技术[M]. 东营: 石油大学出版社, 1996. 486~487.

## AN ANALYSIS OF GEOLOGICAL FACTORS OF C-2 RESERVIOR INJURY IN HANQU OIL FIELD, NORTH SHAANXI

WU Liang, LI Xue-yan, DUAN Xiao-qun

(Research Institute of North China Petroleum Bureau, CNSPC, Zhengzhou 450006, China)

**Abstract:** Based on analysis of lithology, physical properties, pore feature, pore-filling mineral composition and formation fluid in reservoir C-2 in Hanqu oil field of northern Shaanxi, the authors discussed the main geological factors related to injury of reservoir C-2 during exploration and exploitation. Organic dirt, acid sensitivity and water lock effect are the main factors caused injury of reservoir C-2, and water sensitivity, velocity sensitivity and fluid property are the minor factors. As a result, some suggestions are proposed to avoid reservoir injury during development, such as injection of wax-proof agent, clay stabilizing agent and  $Fe^{3+}$  stabilizing agent etc. .

**Key words:** geological factors; reservoir injury; Hanqu oil field; North Shaanxi

(上接第 73 页)

## HYDROCARBON PREDICTION BY INTEGRATED INFORMATION FROM NONSEISMIC GEOPHYSICAL-GEOCHEMICAL PROSPECTION

GUO Shao-bin<sup>1</sup>, LIU Qing-hai<sup>2</sup>)

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Northeast Bureau of Petroleum Geology, CNSPC, Changchun 130062, China)

**Abstract:** As tectonic reservoirs have been discovered one after another, the focal points of exploration have been changed to various subtle traps which will be found with greater difficulty and lower success rate. The study on the direct detection of hydrocarbon then becomes a popular topic in current hydrocarbon exploration domain. The method is to detect the microcosmic effects and anomalies of hydrocarbon by means of geophysical and geochemical prospecting. Taking Rangzijing area in the south of the Songliao Basin as an experimental area, the practical surface measurement is done by the geochemical prospecting of acidolysis hydrocarbon,  $\Delta C$ , soil thermoluminescence, Rn detection and soil electrical conductivity based on the study of sequence stratigraphy, reservoirs and fault sealing as well as the summary of predecessor's prediction experience on surface geophysical-geochemical prospecting for hydrocarbon. By use of BP and SOM two neural network methods, hydrocarbon prediction is made from integrated information of geophysical-geochemical prospecting, and good effects are obtained.

**Key words:** hydrocarbon prediction; BP and SOM neural networks; integrated information