

断层对沾化凹陷馆陶组石油运移和聚集影响的模拟实验研究

张善文¹, 曾 斌²

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640; 2. 石油大学(北京)盆地与油藏研究中心, 北京 102249)

摘要: 在沾化凹陷馆陶组油气成藏地质研究基础上, 利用二维模型模拟了断层开启条件下, 断层对馆陶组石油运移和聚集的影响. 研究表明: (1) 断层带的流体运动方式和运动相态对馆陶组石油的运移路径和方式构成重要的影响. 连续(稳态)充注条件下, 油首先充注断层带, 然后在馆陶组上段顶部侧向运移, 最后一部分油沿馆陶组下段砂层的顶部侧向运移. 但幕式(非稳态)充注条件下, 油首先充注断层下部和馆陶组下段, 并在馆陶组下段侧向运移→充注馆陶组上段, 并在其中侧向运移. 另外油/水两相充注时, 由于水动力的作用, 导致油和水的运移出现分异现象; (2) 连续(稳态)充注条件下, 油的侧向运移发生在隔层上部(馆陶组上段)砂层, 而幕式(非稳态)充注条件下, 馆陶组上、下段均发生了侧向运移, 其中单一油相充注时, 下部砂层油的侧向运移量大于上部砂层, 而油/水两相充注时, 上部砂层侧向运移量稍大于下部砂层; (3) 连续(稳态)充注时有利于馆陶组上段砂层油的聚集, 而幕式(非稳态)充注时则有利于馆陶组下段砂层油的聚集. 另外由于水动力作用的影响, 油水两相充注时, 有利于馆陶组上段油的聚集.

关键词: 断层; 石油运移和聚集; 模拟实验; 沾化凹陷.

中图分类号: P618.13 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2003)02-0185-06

作者简介: 张善文(1956-), 男, 教授级高级工程师, 1982年毕业于石油大学, 现为在职博士生, 主要从事油气运集成藏方面的研究工作.

沾化凹陷是渤海湾盆地济阳拗陷的四大凹陷之一, 其上第三系发育的大型潜山披覆构造油气藏是胜利油区典型的浅层油气富集单元, 已发现的石油地质储量占凹陷总储量的 76%, 其中馆陶组尤其是馆陶组上段是最重要的含油层系^[1~3].

沾化凹陷馆陶组油气藏主要为潜山披覆构造油气藏, 一般表现为油气沿油源断层两侧呈多层楼式分布, 油气多分布于馆陶组上段储层, 少数分布在馆陶组下段储层, 明化镇组和馆陶组顶部的泥岩为盖层, 主要烃源岩为下第三系沙河街组暗色泥岩, 即馆陶组的油气来自于下第三系, 其中断层是油气运移, 尤其是垂向运移的主要通道^[2~6]. 因此, 断层对于馆陶组油气藏的形成和分布具有极其重要的作用, 但是有关断裂输导系统中流体的充注方式和充注相态对馆陶组油气运移和聚集的影响及影响程度还不

清楚. 为此, 根据地质条件设计实验模型, 试图通过模拟实验探讨沟通下第三系油源的断裂对上第三系馆陶组油气成藏的影响以及馆陶组石油运移和聚集特征, 从而进一步认识馆陶组油气成藏特征, 指导馆陶组油气勘探.

1 模拟实验

1.1 实验模型

根据沾化凹陷馆陶组油气藏的地质特征^[4,7], 构造实验模型(图 1), 其中 F 为沟通馆陶组储集层与下第三系烃源岩的油源断层, 为正断层; A 和 C 分别为断层 F 上、下盘的馆陶组上段砂层; B 和 D 分别为断层 F 上、下盘的馆陶组下段砂层; E 为位于断层带 F 下盘的东营组砂层; G₁ 和 G₂ 为位于断层 F 上、下盘的馆陶组顶部和明化镇组下部的泥岩盖层, 高度分别为 4.0 cm 和 2.0 cm. 实验是在二维模

收稿日期: 2002-04-18

基金项目: 高等学校骨干教师资助计划项目“断裂输导系统油气运移和聚集的实验模拟”.

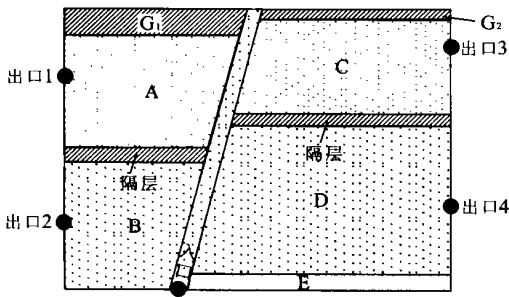


图 1 实验模型示意图

Fig. 1 Diagrammatic sketch of experimental model

表 1 实验模型参数

Table 1 Parameters for experimental model

参数	断层带 F	馆陶组		东营组砂层(E)
		上段砂层(A和C)	下段砂层(B和D)	
粒径/mm	0.40~0.45	0.10~0.15	0.15~0.20	0.05~0.10
渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	13 366	1 156	2 266	416
高度或宽度/cm	2.0	12.0	12.0	2.0

型中进行的, 实验用砂为沈阳玻璃珠厂生产的各种粒度的纯净白色石英砂. 石英砂为亲水性, 润湿角近于 0° . 泥岩隔层和盖层均用橡胶代替, 其渗透率视为 0. 各层的参数如表 1 所示. 断层带和各砂层的孔隙度相差不大, 基本都在 $32\% \sim 35\%$ 之间. 实验用油为中性煤油, 密度为 0.75 g/cm^3 , 粘度 (25°C) 约 $42 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. 为了使油水间有明显的反差, 用微量天然色素将煤油染成棕红色, 实验用水为蒸馏水, 密度为 1.0 g/cm^3 , 粘度 (25°C) $1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

在断层带上、下盘的馆陶组上、下段砂层 A、B、C 和 D 区设计 4 个出口, 出口高度相同, 均高于模型顶部 4.0 cm , 注油口位于断层带 F 的下部.

1.2 实验条件和方法

根据馆陶组油气成藏条件, 考虑到断层和流体的幕式活动特征^[8-13], 笔者设计了 2 种流体(油/水)相态下的 2 种充注方式. 一种为连续(稳态)注入方式, 即单一油相或油/水两相在某一注油速率下, 连续(稳态)充注, 另一种为幕式(非稳态)注入方式, 即单一油相或油/水两相在某一压差作用下, 幕式(非稳态)充注. 根据地质条件, 沾化凹陷下第三系烃源岩与馆陶组埋藏深度相差 1000 m 左右, 即压差大约为 10 MPa , 因此幕式(非稳态)充注时, 充注压力为 9.646 MPa , 模型的压力为 101 kPa , 因此充注时的压差约为 9.545 kPa , 即 9.5 MPa .

表 2 模拟实验条件

Table 2 Parameters for experiments

编号	充注方式	充注相态	注油-水速率	总注油-水量
1	连续(稳态)	单一油相	0.05 mL/min	622.75 mL
2	连续(稳态)	油/水两相	0.05 mL/min	油 480.43 mL , 水 480.42 mL
3	幕式(非稳态)	单一油相	47 mL/次	796.7 mL
4	幕式(非稳态)	油/水两相	油 24 mL/次 , 水 24.67 mL/次	油 648 mL , 水 666.14 mL

单一油相连续(稳态)充注时, 实验方法与曾溅辉等^[14, 15]相同. 油/水两相连续(稳态)充注时用 2 台 ISCO 泵以同一速率同一注油口向模型中注入油和水. 幕式(非稳态)充注时, 在注入泵(ISCO 泵)与实验模型之间设置高压容器, 首先将高压容器与模型相连的阀门关闭, 用 ISCO 泵向高压容器注入油或水, 随着注入量增加, 压力逐渐增大, 当压力达到 1400 Psi 时, 打开高压容器与模型相连的阀门, 在压差作用下, 油或水向模型中沿断层涌流, 相当于断层突然开启, 沿断层带流体突然释放. 随后, 重复上述过程, 直到模型中的油/水运动达到稳定, 即注入量等于排出量为止. 这相当于模拟断层幕式(非稳态)活动时流体(油、气、水)的幕式(非稳态)运动. 共完成 4 组实验. 模拟实验条件如表 2 所示. 实验过程中对油的运移聚集过程进行观察和摄影, 同时记录注入量、注入压力及排水量和排油量, 并洗油. 实验步骤和方法详见曾溅辉等^[14, 15].

1.3 实验结果

(1) 连续(稳态)充注条件下(实验 1, 2). 单一油相连续(稳态)充注条件下(实验 1), 油首先沿断裂带运移至顶部(图 2a), 随着注油量的增加, 油开始沿断裂带从盖层底部和隔层下部(馆陶组下段)进入两侧砂层, 其中隔层上部(馆陶组上段)砂层油的运移明显快于下部砂层(图 2b), 当注油量达到 76.98 mL 时, C 层内已基本被油充满, B、D 层油的运移量也逐渐增加, A 层内油主要是沿着隔层上方运移(图 2c), 当注油量达到 122.8 mL 时, A 层已被油所充满, 开始排油, C 层已基本稳定, B 层的含油面积达 $3/4$ 以上, D 层中油的运移速度相对较慢, 其含油面积仅占 $2/5$ (图 2d), 至注油量为 622.75 mL 时, 整个实验基本处于稳定, 这时 A、C 2 层均已充满油, B、D 2 层仅在顶部聚集一部分油(图 2e). 整个实验过程中, A、C 区出口排油, 其中 C 区出口先排油, A、B 和 C 区出口均排水.

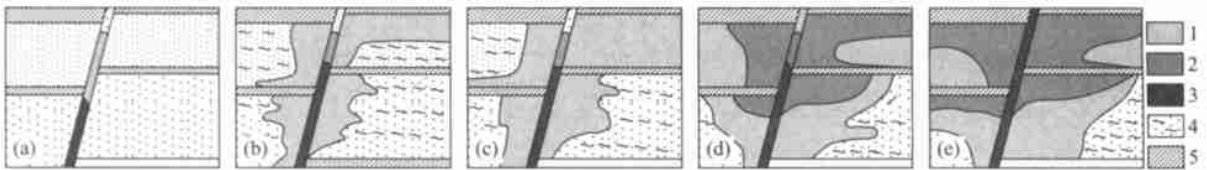


图 2 单一油相连续(稳态)充注条件下(实验 1)油的运移过程示意图

Fig. 2 Diagrammatic sketch of oil migration with oil continuously (steadily) injected (experiment 1)

a. 注油量 10.66 mL, 注油时间 213 min; b. 注油量 52.63 mL, 注油时间 1 052 min; c. 注油量 76.98 mL, 注油时间 1 539 min; d. 注油量 122.80 mL, 注油时间 2 455 min; e. 注油量 622.75 mL, 注油时间 12 448 min; 1~3. 不同含油饱和度的油层(其中从 1→2→3 含油饱和度逐渐变大); 4. 水层; 5. 盖层

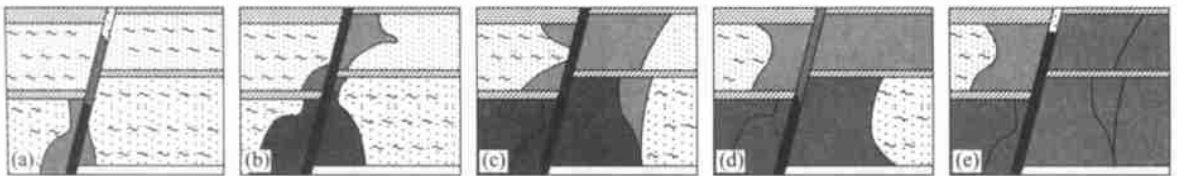


图 3 单一油相幕式(非稳态)充注条件下(实验 3)油的运移过程示意图

Fig. 3 Diagrammatic sketch of oil migration with oil impulsively (unsteadily) injected (experiment 3)

a. 第 1 次脉冲; b. 第 3 次脉冲; c. 第 6 次脉冲; d. 第 10 次脉冲; e. 第 16 次脉冲; 图例同图 2

油/水两相连续(稳态)充注条件下(实验 2)油的运移和聚集过程与单一油相连续(稳态)充注条件下(实验 1)基本相同,但是在水动力的作用下,油从断裂带进入隔层上部(馆陶组上段)的 A 层和 C 层,并在其顶部逐渐聚集, A、C 砂层和断层带的含油饱和度出现先增加后降低再增加的交替变化,只有少量的油由断裂带进入隔层下部(馆陶组下段)的 B、D 层.整个实验过程中, A、C 区出口排油,其中 C 区出口先排油, A、C 和 D 区出口均排水.

(2) 幕式(非稳态)充注条件下(实验 3, 4). 图 3 为单一油相幕式(非稳态)充注条件下(实验 3)断层输导系统油的运移过程示意图.从图 3 中可知,油首先进入渗透率较大的断裂带中,并沿断裂带向上运移,同时一部分油进入断层带下部的 B 和 D 砂层(图 3a);随着充注次数和注油量的增加,一部分油开始进入隔层上部(馆陶组上段)的 A 和 C 层,并在这 2 个砂层中运移,但是大部分油由断裂带下部进入 B、D 砂层,并在其中运移(图 3b, 3c, 3d, 3e).当第 17 次充注,注油量达 796.7 mL 时,整个实验基本处于稳定状态,此时, B、C、D 层均已充满油, A 层基本充满油.实验过程中, B、C、D 区 3 个出口既排油又排水, A 区出口仅排水.

油/水两相幕式(非稳态)充注条件下(实验 4),油的运移和聚集过程与实验 3 基本相同,只不过在水动力的作用下,油在隔层上部(馆陶组上段)砂层

的运移速度快于隔层下部(馆陶组下段)砂层,同时在隔层上部(馆陶组上段)砂层出现含油饱和度由大变小再增大的交替变化,但变化幅度小于实验 2,至实验基本处于稳定时, A、B 和 C 砂层基本充满油.实验过程中, A、B、C 区 3 个出口既排油又排水, D 区出口仅排水.

2 讨论

2.1 断层带的流体充注方式和相态与馆陶组石油的运移

(1) 断层带流体充注方式不同,馆陶组油的运移路径和运移量也不相同.连续(稳态)充注条件下,油首先进入断层带,并沿断层带稳定地向上运移至顶部;随后,油在断层带顶部隔层上部(馆陶组上段)砂层的顶部侧向运移;最后,一部分油沿隔层下部(馆陶组下段)在下部砂层的顶部侧向运移,隔层上部(馆陶组上段)砂层的侧向运移量占总注油量的 65%以上,而隔层下部(馆陶组下段)砂层不发生侧向运移,即此时油的侧向运移集中在上部砂层(表 3);而幕式(非稳态)充注条件下,油的运移路径表现为:充注断层下部和隔层下部(馆陶组下段)的 B、D 砂层→充注断层上部,并在隔层下部(馆陶组下段)的 B、D 砂层侧向运移→充注隔层上部(馆陶组上段)砂层,并在其中侧向运移,这时隔层上、下部砂层

表 3 隔层上部(A+C 砂层)(馆陶组上段)和下部(B+D 砂层)(馆陶组下段)石油运移和聚集结果

Table 3 Result of petroleum migration and accumulation above barrier (A+C sand beds) (upper Guantao Fm.) and beneath barrier (B+D sand beds) (lower Guantao Fm.)

实验编号	1	2	3	4
上部砂层油的聚集结果				
聚集量/ mL	46.000	17.000	123.000	166.000
占总注油量的体积分数/ %	7.400	3.500	15.400	25.800
单位体积砂体的含油量/ (mL·cm ⁻³)	0.040	0.015	0.107	0.145
下部砂层油的聚集结果				
聚集量/ mL	8.000	2.500	283.000	51.000
占总注油量的体积分数/ %	1.300	0.500	35.500	7.900
单位体积砂体的含油量/ (mL·cm ⁻³)	0.007	0.002	0.251	0.045
上部与下部砂层单位体积砂体含油量之比	5.710	7.500	0.430	3.220
通过上部砂层油的侧向运移				
运移量/ mL	423.000	376.000	47.000	109.000
占总体注油量的体积分数/ %	67.900	78.300	5.900	17.000
通过下部砂层油的侧向运移				
运移量/ mL	0	0	146.000	85.000
占总体注油量的体积分数/ %	0	0	18.300	13.200

通过隔层上、下部砂层(馆陶组上、下段砂层)石油的侧向运移量分别为通过 A、C 区出口和 B、D 区出口的排油量。

均发生了侧向运移,但其运移量还受流体充注相态的影响(表 3)。

(2) 断层带流体充注相态对馆陶组油的运移路径和运移量也构成一定的影响,油/水两相充注时,由于水动力的作用,导致油和水的运移出现分异现象,尤其是在连续(稳态)充注条件下,一般油主要在隔层上部(馆陶组上段)砂层中侧向运移,而水则主要在隔层下部(馆陶组下段)砂层中侧向运移。单一油相幕式充注时,下部砂层的侧向运移量大于上部砂层,而油/水两相幕式充注时,上、下砂层侧向运移量相差不大,其中上部砂层侧向运移量稍大于下部砂层(表 3)。

2.2 断层带的流体充注方式和相态与馆陶组砂层中石油的聚集

断层带流体的充注方式和充注相态对隔层上、下部砂层(馆陶组上、下段砂层)石油的聚集具有重要的影响,从表 3 可知:

(1) 一般来说,幕式(非稳态)充注比连续(稳态)充注更有利于砂层中油的聚集,实验 3 和 4 中隔层上、下部砂层(馆陶组上、下段砂层)油的聚集量占总注油量的百分比和单位体积砂体的含油量均大于实验 1 和 2,但是连续(稳态)充注时有利于隔层上部(馆陶组上段)砂层油的聚集,例如在实验 1 和 2 中,隔层上部(馆陶组上段)砂层与下部(馆陶组下段)砂层单位体积砂体的含油量之比分别为 5.71 和 7.50,而幕式(非稳态)充注时则有利于隔层下部(馆陶组下段)砂层油的聚集。

(2) 由于水动力作用的影响,油水两相充注时,有利于隔层上部(馆陶组上段)油的聚集,例如实验

2 和 4 中,隔层上部(馆陶组上段)砂层与下部(馆陶组下段)砂层单位体积砂体的含油量之比较高,分别为 7.50 和 3.22,均分别高于单一油相充注的实验 1 和实验 3。

3 结论

(1) 断层带流体连续(稳态)充注条件下,油主要在隔层上部(馆陶组上段)砂层侧向运移,侧向运移量占总注油量的 65% 以上,而幕式(非稳态)充注条件下,隔层上、下部砂层均发生了侧向运移,但其运移量还受流体充注相态的影响。(2) 断层带流体充注相态对馆陶组油的运移路径和运移量也构成一定的影响,油/水两相充注时,由于水动力的作用,导致油和水的运移出现分异现象,尤其是在连续(稳态)充注条件下,一般油主要在隔层上部(馆陶组上段)砂层中侧向运移,而水则主要在隔层下部(馆陶组下段)砂层中侧向运移。单一油相幕式充注时,下部砂层的侧向运移量大于上部砂层,而油/水两相幕式充注时,上、下砂层侧向运移量相差不大,其中上部砂层侧向运移量稍大于下部砂层。(3) 断层带流体的充注方式和充注相态对馆陶组上、下段石油的聚集具有重要的影响。连续(稳态)充注时有利于馆陶组上段砂层油的聚集,而幕式(非稳态)充注时则有利于馆陶组下段砂层油的聚集。另外由于水动力作用的影响,油水两相充注时,有利于馆陶组上段油的聚集。

石油大学(北京)贾红育博士、王洪玉工程师和胜利油田地质院王永诗主任、石碣石工程师参加了研究工作,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 张善文. 沾化凹陷浅层勘探的思考[J]. 复式油气田, 1999, 3: 6-7.
ZHANG S W. Some think for oil-gas exploration of shallow zone in Zhanhua sag [J]. Multiple Oil-Gas Field, 1999, 3: 6-7.
- [2] 帅德福, 刘兴材, 王秉海, 等. 中国石油地质志(卷六) 胜利油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
SHUAI D F, LIU X C, WANG B H, et al. Petroleum geology of China (Vol. 6) Shengli oilfield [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993.
- [3] 毕研鹏, 陈云井, 田波, 等. 孤岛油田[A]. 见: 张文昭. 中国陆相大油田[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 646-654.
BI Y P, CHEN Y J, TIAN B, et al. Gudao oilfield [A]. In: ZHANG W Z, ed. Major nonmarine oilfields of China [C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 646-654.
- [4] 吴静, 陈广军. 埕岛地区馆陶组河流相储层油藏描述技术[A]. 见: 杜贤樾, 孙焕泉, 郑和荣. 胜利油区勘探开发论文集(第一辑)[C]. 北京: 地质出版社, 1997. 67-76.
WU J, CHEN G J. Reservoir discription technology for fluvial facies of Guantao Formation in Chengdao eara [A]. In: DU X Y, SUN H Q, ZHENG H R, eds. Collected works for petroleum exploration and development in Shengli oilfield (No. 1) [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1997. 67-76.
- [5] 庞雄奇, 李素梅, 黎茂稳, 等. 八面河油田油气运聚、成藏模式探讨[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 666-670.
PANG X Q, LI S M, LI M W, et al. Discussion on petroleum migration in Bamianhe oilfield of dongying depression, eastern China [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(6): 666-670.
- [6] 王尚旭, 狄帮让, 魏建新. 断层物理模型实验及其地震响应特征分析[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 736-740.
WANG S X, DI B R, WEI J X. Seismic physical modeling of fault and its analysis [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(6): 736-740.
- [7] 贾献斌, 李开勋, 王元安. 孤东油田[A]. 见: 张文昭. 中国陆相大油田[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 655-665.
JIA X B, LI K Q, WANG Y A. Gudong oilfield [A]. In: ZHANG W Z, ed. Major nonmarine oilfields of China [C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 655-665.
- [8] Hooper E C D. Fluid migration along growth faults in compacting sedimentary basins [J]. Jour Petrol Geol, 1991, 4(2): 161-180.
- [9] 龚再升, 杨甲明, 郝芳, 等. 莺歌海盆地与琼东南盆地成藏条件的比较及天然气勘探方向[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 26(3): 286-290.
GONG Z S, YANG J M, HA O F, et al. Difference in nature gas accumulation conditions between Yinggehai and Qiongdongnan basins and its implications for natural gas exploration [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2001, 26(3): 286-290.
- [10] 张启明, 胡忠良. 莺—琼盆地高温高压环境及油气运移机制[J]. 中国海上油气, 1992, 6(1): 1-9.
ZHANG Q M, HU Z L. Hot, geopressed Yinggehai-Qiongdongnan basin and its hydrocarbon migration [J]. Offshore Oil & Gas, 1992, 6(1): 1-9.
- [11] 华保钦. 构造应力场、地震泵和油气运移[J]. 沉积学报, 1995, 13(2): 234-236.
HUA B Q. Stress field, seismic pumping and oil-gas migration [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(2): 234-236.]
- [12] 杨巍然, 张文淮. 断裂性质与流体包裹体组合性质[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1996, 21(3): 285-290.
YANG W R, ZHANG W H. Character of fault property and combination of fluid inclusions [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 1996, 21(3): 285-290.
- [13] 杨明慧, 金之钧, 吕修祥, 等. 库车褶皱冲断带克拉苏三角带及其油气潜力[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 745-750.
YANG M H, JIN Z J, L I X X, et al. Kelasu triangle zone and its hydrocarbon potential in Kuqa thrust-and-fold belts, Tarim Basin [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(6): 745-750.
- [14] 曾溅辉, 王洪玉. 输导层和岩性圈闭中石油运移和聚集模拟实验研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(2): 193-196.
ZENG J H, WANG H Y. An experimental study of petroleum migration and accumulation in carrier bed and lithological trap [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 1999, 24(2): 193-196.
- [15] 曾溅辉, 王洪玉. 层间非均质砂层石油运移和聚集的模拟实验研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 108-111.

ZENG J H, WANG H Y. Experimental study on oil migration and accumulation in the heterogeneous sand beds of different porosity and permeability [J]. Journal of the

University of Petroleum (edition of Natural Science), 2000, 24(4): 108–111.

An Experiment Study on Influence of Fault on Petroleum Migration and Accumulation in Guantao Formation, Zhanhua Depression

ZHANG Shan-wen¹, ZENG Jian-hui²

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Basin & Reservoir Research Center, University Petroleum of China, Beijing 102249, China)

Abstract: On the basis of the geological study of hydrocarbon migrating and accumulating into reservoir in Guantao Fm., Zhanhua depression, this experiment models the influence of opening fault on petroleum migration and accumulation in the formation with a 2-D model. The results are as follows: (1) The moving pattern and phase of fluids in fault zone have great influence on moving path and pattern of petroleum in Guantao Fm.. When continuously injected, petroleum could have occupied the fault zone firstly, then moved laterally down the top of its upper formation, and finally down the top of its lower formation. However, in impulsive (unsteady) injection, petroleum occupied lower part of fault and the lower Guantao Fm., firstly, then upper part of fault, and migrates laterally in the lower Guantao Fm.. Finally, the upper Guantao Fm. moved laterally. In addition, when petroleum and water injected together, they would separate because of hydrodynamics. (2) When injected continuously (steadily), petroleum migrated laterally in sand bed above the barrier, while in impulsive (unsteady) injection, it migrated in both upper and lower Guantao Fm., in which quantity of lateral migration in lower sand bed is bigger than that in the upper sand bed when petroleum is injected only, and the quantity of lateral migration in upper sand bed is slightly bigger than that in lower sand bed when petroleum and water are injected together. (3) Continuous (steady) injection is favorable for petroleum accumulation in upper Guantao Fm., sand bed, while impulsive (unsteady) injection is favorable for petroleum accumulation in lower Guantao Fm., sand bed. In addition, petroleum is apt to accumulate in upper of Guantao Fm., when it is injected together with water because of hydrodynamics.

Key words: fault; petroleum migration and accumulation; simulation experiment; Zhanhua depression.