

文章编号:1009-3850(2014)01-0008-06

东濮凹陷构造演化对浅层油气成藏的影响

冯阵东^{1,2}, 程秀申¹, 付晓龙², 虎新军¹, 高 斌¹, 徐炳文¹

(1. 中原油田勘探开发科学研究院, 河南 濮阳 457061; 2. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266555)

摘要:通过计算地层的剥蚀厚度、断层断距,分析了古近纪以后两个最主要时期的构造运动特征,将构造演化与浅层油气藏地化指标、包裹体均一温度、同位素测年等结果相结合,分析了新构造运动对油气生成、运移路径、成藏期次及时间的控制作用。研究认为:东濮凹陷新构造运动主要发生在东营组、明化镇组沉积末,运动以垂直升降为主,伴有弱的伸展断裂;两次构造运动控制了烃源岩的二次生烃和浅层油藏的二次充注;深部生成的油气运移至浅层依次经过了NE向基底断裂、东营组砂体、新近系EW向断层,新近系油气分布主要受EW向断层控制。

关键词:东濮凹陷;新构造运动;成藏特征;控制方式;浅层

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

东濮凹陷作为新生代断陷盆地,构造演化经历了古近纪裂陷阶段和新近纪拗陷阶段。中古近纪经历了两次大的水进-水退旋回,沙一段至东营组作为第二个旋回,与新近系馆陶组、明化镇组沉积共同组成了凹陷的浅层。古近纪以来的构造运动对盆地的整体格局影响不大,但对深层烃类的生成、油气的运移、油气的分布、成藏期次、时间有重要影响。开展新构造运动特征的研究,有助于对浅层油气藏进行整体的把握,对盆地的油气勘探有着至关重要的意义。

1 新构造运动的地质背景

新构造运动发生在古近纪以后,此时东濮断陷盆地“两洼一隆一斜坡”的构造格局已经产生^[1-3]。古近纪产生大量的NE向断层,使得凹陷的整体具有东西分带、南北分区的特点,这些断层不仅影响了沙四-东营组沉积类型、地层厚度的变化,为新构造运动时期地层的抬升、剥蚀提供条件,还直接控制了东濮凹陷浅层沙一段、东营组油气的分布,这



图1 东濮凹陷浅层油气分布特征

Fig. 1 Distribution of shallow oil and gas in the Dongpu depression

收稿日期:2013-06-06; 改回日期:2013-06-17

作者简介:冯阵东(1983-),男,在站博士后,地质学专业,主要从事油区构造解析、裂缝预测等方面的工作。E-mail: fzd203@163.com

资助项目:“十二五”国家科技重大专项“东濮凹陷油气富集规律与增储领域”(2011ZX05006-004)

层位的油气藏主要集中在中央隆起带上,无论是含油气区带还是油藏的平面延伸方向都明显地受 NE 向基底断层控制(图 1)。

2 新构造运动的特征

东濮凹陷的新构造运动主要有两期,分别发生在东营组沉积末、明化镇组沉积末,对应于喜马拉雅运动的第 II 幕、第 III 幕。构造活动的活动方式可以概括为两个方面,即水平向的弱伸展断裂和垂向的差异沉降。由于盆地此时已经进入了萎缩期,伸展断裂活动十分微弱,差异沉降成为构造运动的主要表现形式。

2.1 垂向上的差异升降

东濮凹陷古近纪以来主要经历了东营组沉积末、明化镇沉积末的两次构造抬升,前一期活动强度较大,且受古近纪构造格局影响更明显,活动强

度的大小可以通过剥蚀厚度来体现。在工区选取 48 口井 根据泥岩声波、电阻率、伽马、中子测井曲线值特征,划分正常压实和异常压实段,求取各井地表泥岩声波的平均值为 $650\mu s/m$,以泥岩压实法求取各井点的剥蚀厚度^[4],并以这些井为控制点,编制了东营组、明化镇组的剥蚀厚度分布图(图 2)。研究表明,东营组沉积末,地层剥蚀厚度为 500 ~ 2000m,剥蚀量的差异明显受古近纪构造格局的影响,整体表现为隆起区剥蚀厚度较大,洼陷地区剥蚀厚度较小,西部大于东部,南部大于北部(图 2a)。明化镇组沉积末期,地层的剥蚀厚度为 400 ~ 950m,整体与东营末的剥蚀厚度分布特征相似,由于盆地自馆陶组沉积初期开始进入拗陷阶段,此时基本已经平原化,剥蚀厚度受早期构造格局的影响偏小,仅西斜坡及北部的观城、文明寨构造一带受到原始构造格局的轻微影响(图 2b)

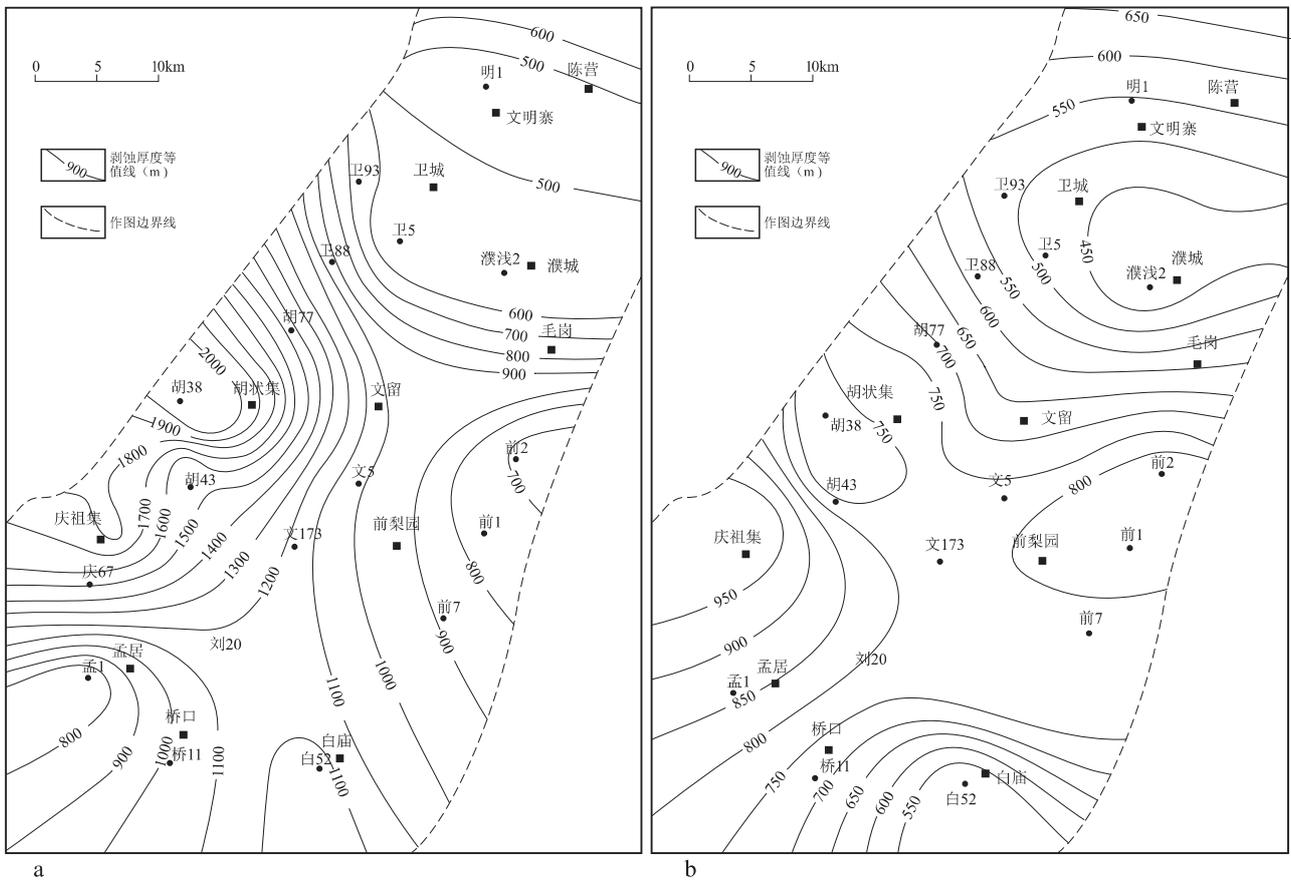


图 2 东营组(a)与明化镇组(b)剥蚀厚度对比图

Fig. 2 Correlation of the erosional thickness in the Dongying (a) and Minghuazhen (b) Formations

2.2 断裂活动特征

与古近纪相比,新近纪产生的断层具有数量少、断距小、延伸短的特点。断层走向主要有两组,其中 NE 向断层走向与古近纪断层走向基本一致,

多是老断层的复活,断距一般为 50 ~ 100m。如兰聊断层、黄河断层、长垣断层等主要基底断层在馆陶组沉积初期仍有微弱活动,明化镇组沉积时期,绝大多数 NE 向断层停止活动(图 1);另一组断层走

向近 EW 向,主要发育在文北-濮南地区,是新近纪晚期发育的新生断层,向下切割古近系,断距 40 ~ 180m,这些断层受喜马拉雅运动第 III 幕的影响,在挤压作用和深部地壳的均衡调整作用下,断块发生了差异压实升降运动,产生了近 EW 向的断层。从断层分布上看,文留以北地区新断层活动较强,表现为南弱北强的特点,但整体上比古近纪弱。

3 新构造运动对浅层油气成藏的影响

3.1 垂向的沉降控制了油气的生成

新构造运动影响了东濮凹陷地层的埋藏历史,并进一步影响了凹陷的热史、生烃史以及油气的充注史(图 3、图 4)。前梨园洼陷、海通集洼陷、濮卫次洼等生油洼陷的沙四段、沙三段主力烃源岩沉积后,随着埋深的增加,在沙二段沉积初期-东营组沉积早期陆续进入生烃门限;中央隆起带的沙四段、沙三段也在东营组沉积的前期进入生烃门限,西斜坡烃源岩直至东营组沉积的中后期才开始生烃^[5-8]。东营组沉积末期,受喜马拉雅运动第 II 幕的影响,盆地开始抬升,烃源岩生烃受到抑制;明化镇组沉积时期,多数地区的沙三段以下烃源岩发生二次生烃,前梨园、海通集等洼陷地区的沙三上亚段、沙二段、沙一段烃源岩在明化镇末开始初次生烃。油气生成以后,通过断层、砂体、不整合面等运移至圈闭中成藏,东濮凹陷浅层油气的成藏有两个主要充注期,时间上对应于东营组、明化镇组沉积末的构造抬升(表 1)^[9-10]其中梁 2、文 48、文 221 等井附近东营组的油气充注发生在 10.7 ~ 17.6Ma,对应于东营组至明化镇组沉积末的构造运动时间;白庙、庆祖集、桥口、文明寨地区沙一段的油气充注发生在 17.3 ~ 23.8Ma 之间,全部对应于东营组沉积末的抬升剥蚀时期。

3.2 断裂活动影响了新近系油气的分布

目前,东濮凹陷新近系油气藏的探明程度还比较低,除了在濮浅 2 井发现工业油流外,文浅 1、文 68、文 221、胡 34 等 15 井也有明显的油气显示。胡状集地区胡 5-11 井明化镇组发现的流体包裹体沿裂缝走向分布,说明该组沉积时期微弱的断裂活动影响了烃类的运移(图 5)。由于东营组、明化镇组自身的埋藏深度不够,不具备生烃的能力,而明下段天然气组份与濮城油田沙二上的天然气组成极为接近(表 2),且与文留地区文 22 井煤型气(甲烷 96.35%、乙烷 2.35%,甲烷碳同位素含量较重-27.9‰)相比,表现出明显的油型气特征,可以判定濮浅 2

井附近明下段的烃类由沙四-沙三段烃源岩提供。

油气由沙四-沙三段生成以后,运移至明化镇组,需要穿过沙一段、东二段等多套区域性盖层,深、浅层的沟通必须通过断层来实现。部分 NE 向的基底断层由沙三段断至馆陶组底部,但这些断层的周围并没有新近系发现油气的显示。在新近系发现的油气显示井主要集中在近 EW 向断层的附近,这些断层全部产生在新近纪,且下切了东营组的顶部,对浅层油气的分布起着至关重要的作用。由此可以推断,明化镇组成藏的油气,其运移路径可能先后经历过沙四-沙三段烃源岩、NE 向基底断层、东营组砂体、EW 向新断层,而东营组顶部的不整合对该组的油气运移贡献相对较小。

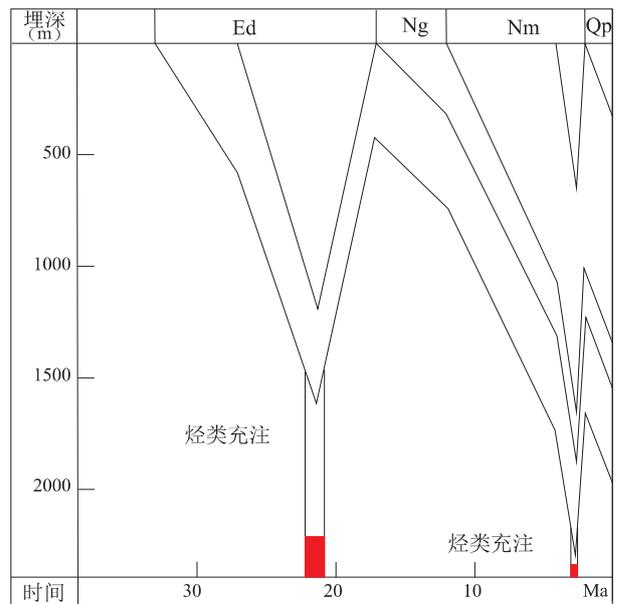


图 3 文 221 东营组埋藏史及油气充注

Fig. 3 Burial history and filling of oil and gas in the Wen-211 well in the Dongying Formation

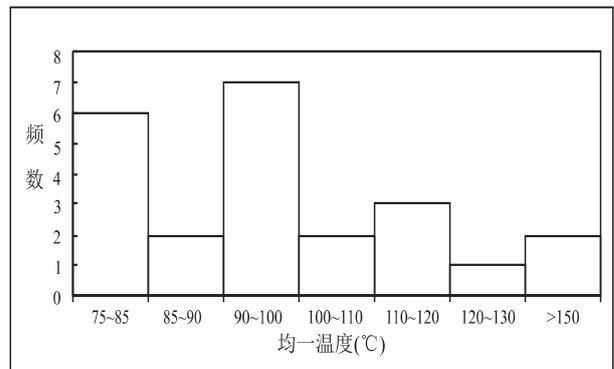


图 4 文留地区东营组均一温度分布

Fig. 4 Distribution of the homogenization temperatures in the Dongying Formation in the Wenliu region

表 1 储层自生伊利石 K-Ar 测年结果

Table 1 K-Ar age determinations for authigenic illite from the hydrocarbon reservoirs in individual wells

井号	深度 (m)	层位	粒级 (μm)	粘土矿物组成					K (wt%)	⁴⁰ Ar*(%)/ ⁴⁰ Ar	40Ar* (×10 ⁻⁹ mol/g)	年龄 (Ma)
				I	I/S	S	K	C(C/S)				
梁 2	2034.5	Ed	<0.1	0	75	0	23	2	4.04	67.12	0.108	15.3±1.1
文 221	1765.37	Ed	<0.1	0	79	0	18	3	5.65	75.07	0.105	10.7±1.3
	1766.81	Ed	<0.1	0	83	0	17	0	4.78	82.14	0.147	17.6±1.3
文 48	1806	Ed	<0.1	0	86	0	14	0	5.35	76.82	0.113	12.1±1.1
白 52	2400.04	Es ₁	<0.1	0	71	0	27	2	4.75	69.38	0.143	17.3±1.2
庆 67	3006.23	Es ₁	<0.1	5	78	0	12	5	5.49	73.45	0.173	18.1±1.0
桥 11	2423.2	Es ₁	<0.1	4	68	0	24	4	5.78	87.34	0.240	23.8±1.1
	2431.8	Es ₁	<0.1	0	82	0	18	0	5.67	67.6	0.204	20.6±1.3
	2468.6	Es ₁	<0.1	0	83	0	17	0	4.76	78.14	0.177	21.3±1.4
	2485.26	Es ₁	<0.1	5	73	0	20	2	5.06	83.11	0.173	19.6±1.3
明 100	1434.03	Es ₁	<0.1	8	71	0	21	0	5.40	76.66	0.173	18.3±1.1

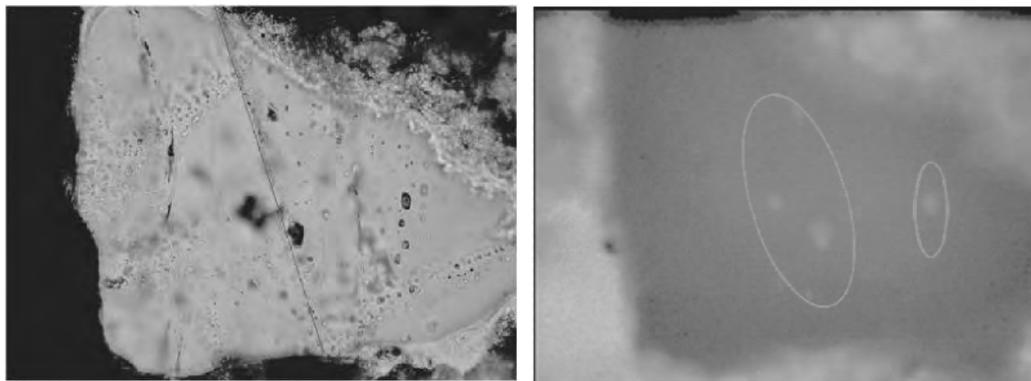


图 5 胡 5-11 明化镇组(1183.80m)油气包裹体特征 (a. 单偏光 ×40; b. 荧光 ×40)

Fig. 5 Distribution of the hydrocarbon inclusions from the Minghuazhen Formation at the depth of 1183.80 m of Hu 5-11 well
a. Plane-polarized light, ×40; B. Fluorescence, ×40

表 2 单井天然气组份对比表

Table 2 Correlation of the compositions in gas from individual wells

井号	层位	组成					
		甲烷 (%)	乙烷 (%)	丙烷 (%)	丁烷 (%)	氮气 (%)	密度 (g/cm ³)
濮浅 1	明上段	85.91	7.46	2.49	2.26	1.06	0.6671
濮浅 2	明下段	87.21	6.7	2.77	0.80	1.01	0.6461
濮 7-57	沙二上亚段	86.47	7.36	3.65	0.90	—	—
文 3	沙二上亚段	85.1	9.68	3.24	1.43	—	0.6583
濮气 1	沙二上亚段	86.53	6.57	2.82	1.47	—	0.6599

3.3 后期构造活动破坏了早期的油藏

东营组、明化镇组沉积末的两次构造运动促成了工区内两次大规模的油气成藏,发生时间较晚的构造运动则可能破坏之前已经形成的油气藏。统计油气包裹体丰度 GOI,可以研究古油水界面的分

布。一般油层 GOI 大于 5%,运移通道 GOI 分布在 1%~5% 之间,水层的 GOI 小于 1%^[11-12]。桥 11 井 GOI 统计结果表明,该地区早期形成的油藏有被破坏的痕迹,原有的油气被地层水趋替,变成了现今的水层、油水同层、含油水层。

表3 桥11井包裹体GOI统计结果

Table 3 Statistics of the inclusion abundances (GOI) in the Qiao-11 well

样品号	层位	样品深度(m)	GOI(%)	盐水包体(%)
1	沙一下段	2409.12	7.963	38.470
2	沙一下段	2417.65	2.059	26.710
3	沙一下段	2420.71	2.8125	29.107
4	沙一下段	2431.80	17.870	35.039
5	沙一下段	2444.97	4.450	24.370
6	沙一下段	2451.60	7.976	30.700
7	沙一下段	2455.30	7.148	31.340
8	沙一下段	2459.60	15.426	44.360
9	沙一下段	2460.68	21.235	46.530
10	沙一下段	2468.00	1.306	35.250
11	沙一下段	2471.50	4.710	45.700

4 结论

(1) 东濮凹陷的新构造运动发生在古近纪构造格局的基础之上, 差异抬升的幅度、剥蚀量以及沙一段、东营组的油气藏分布都受古近纪产生的 NE 向断层影响。

(2) 东濮凹陷的新构造运动主要有两期, 分别发生于东营组、明化镇组沉积末, 差异沉降是新构造运动的主要表现方式, 伴有弱的水平伸展断裂。东营组沉积末期的沉降运动强度相对较大, 且受古近纪构造格局影响更明显; 断裂主要包括继承性发育的 NE 向基底断层和差异升降引起的 EW 向断层。

(3) 垂向的升降运动直接影响了盆地的埋藏史、生烃史, 使得多数地区主力烃源岩的生烃在东营末的抬升期受到抑制, 且在明化镇组沉积过程中

发生二次生烃; 新近系的天然气藏来源于沙三、沙四段烃源岩。古近纪 NE 向断层、东营组砂体、新近纪 EW 向断层共同组成了油气运移的通道; 明化镇组沉积末的构造运动对早期形成的油气藏有明显的破坏作用。

参考文献:

- [1] 程秀申, 陈发景, 漆家福, 等. 东濮凹陷伸展连锁断层系统及其演化作用[J]. 现代地质, 2010, 24(4): 735-744.
- [2] 陈书平, 漆家福, 王德仁, 等. 东濮凹陷断裂系统及变换构造[J]. 石油学报, 2007, 28(1): 43-49.
- [3] 张克鑫, 漆家福, 赵衍彬, 等. 新生代东濮凹陷构造特征及演化[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(6): 714-718.
- [4] 范昌育, 王震亮, 李萍. 新构造运动对东濮凹陷北部古近系烃源岩生烃的影响及其对浅层油气成藏的意义[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(3): 386-393.
- [5] 秦文龙, 崔军平. 海拉尔盆地贝尔凹陷油气成藏期次分析[J]. 现代地质, 2011, 25(3): 594-598.
- [6] 刘正华, 陈红汉. 琼东南盆地东部地区油气形成期次和时期[J]. 现代地质, 2011, 25(2): 279-288.
- [7] 郭振华, 陈红汉, 赵彦超, 等. 利用储层流体包裹体确定鄂尔多斯盆地塔巴庙区块上古生界油气充注期次和时期[J]. 现代地质, 2007, 21(4): 712-718.
- [8] 张永贵, 张忠民, 冯兴强, 等. 塔河油田南部志留系油气成藏主控因素与成藏模式[J]. 石油学报, 2011, 32(5): 767-774.
- [9] 张有瑜, 罗修泉. 英买力沥青砂岩自生伊利石 K-Ar 测年与成藏年代[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(2): 203-210.
- [10] 崔军平, 任战利, 陈玉林. 海拉尔盆地贝尔凹陷热演化史与油气关系研究[J]. 沉积学报, 2011, 29(2): 388-394.
- [11] 王显东, 姜振学, 庞雄奇. 古油气水界面恢复方法综述[J]. 地球科学进展, 2003, 18(3): 412-419.
- [12] 李贤庆, 钟宁宁, 王康东, 等. 柴达木盆地西部古近-新近系油气充注研究[J]. 新疆石油地质, 2012, 33(1): 1-3.

Neotectonic movements in the Dongpu depression and their controls on hydrocarbon accumulation in shallow reservoirs

FENG Zhen-dong^{1,2}, CHENG Xiu-shen¹, FU Xiao-long², HU Xin-jun¹, GAO Bin¹, XU Bing-wen¹

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Zhongyuan Oil Field, Puyang 457061, Henan, China*; 2. *School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao 266555, Shandong, China*)

Abstract: The present paper deals with the neotectonic movements in the Dongpu depression from the Palaeogene onwards on the basis of the calculation of erosion thickness and fault displacement, and the controls of the neotectonic movements on the generation, accumulation, migration and timing of the hydrocarbons by means of the examination of the tectonic evolution, geochemical signatures, homogenization temperatures of the inclusions, and isotopic dating. The neotectonic movements in the Dongpu depression took place at the end of the deposition of the Dongying and Minghuazhen Formations, respectively, and were dominated by vertical movements, with slightly extensional faulting. The two phases of neotectonic movements cited above are interpreted to control the secondary hydrocarbon generation in the source rocks and the second infilling in the shallow reservoirs. The hydrocarbons generated in the deeper reservoirs migrated upwards to the shallower reservoirs via the NE-trending basement faults, Dongying Formation sandstones and Neogene EW-trending faults. The Neogene hydrocarbons are mostly constrained by the EW-trending faults.

Key words: Dongpu depression; neotectonic movement; hydrocarbon accumulation; controlling factor; shallow reservoirs