

文章编号: 1006-6616 (2008) 04-0362-12

渤海湾盆地东营凹陷辛东地区构造演化 及油气成藏规律

韩清华^{1,4}, 充 鹏², 余朝华³, 吴时国^{1,4}

(1. 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东 东营 257061;

3. 中国石油天然气勘探开发公司海外研究中心, 北京 100083;

4. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 辛东地区位于多个构造带的结合部, 构造复杂, 其中辛镇构造是研究区内的主要构造带。区内断层活动表现出明显的生长性和继承性, 沙三上段到沙二段 ($E_{s3上}-E_{s2}$) 沉积时期和东营组 (Ed) 沉积时期是断层发育的全盛期。根据 4116 测线平衡剖面的演化史分析, 辛东地区新生代构造演化主要经历了沙三段 (E_{s3}) 沉积前的雏形阶段、沙三段—东营组 ($E_{s3}-Ed$) 沉积时期的定型阶段和馆陶组—现今 (Ng -现今) 的衰退阶段三个时期。研究区内的油源主要来自于邻近的民丰洼陷和牛庄洼陷。油气成藏期次基本分为东营期和馆陶末~明化镇期, 且以晚期成藏为主。生成的油气首先就近运移, 在深部沙四段 (E_{s4})、沙三中下段 ($E_{s3中下}-E_{s2}$) 发育的岩性圈闭中聚集成藏; 其次, 通过大规模联通的储集体和活动性断层向本区运移, 在靠近洼陷的构造翼部和核部的古近系断块区富集起来; 此后, 由于长期发育的活动性断层的存在, 已形成油气藏的平衡条件被改变, 部分油气随着活动性断层继续向上运移在浅部新近系中形成次生油气藏。

关键词: 构造演化; 平衡剖面; 油气成藏

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

1 区域地质概况

东营凹陷是渤海湾盆地济阳拗陷内的次级大型宽缓箕状凹陷, 位于济阳拗陷的东南部, 是一个北东向展布、“北断南超”的复式半地堑断陷^[1]。辛东地区构造上位于东营凹陷的东北部, 中央断裂背斜带东段, 向东向北分别与青坨子凸起和陈家庄凸起相连, 西北、西南紧邻民丰洼陷和牛庄洼陷 (图 1)。整个研究区北接永安镇油田、东连新立村油田、南至广利油田、西部深入辛镇油田, 处于多条断裂和多个沉积体系的交汇部位, 造成该区构造、沉积及油气成藏条件复杂。

收稿日期: 2008-03-19

基金项目: 中国科学院创新工程项目 (KZCW3-SW-219, KZCW3-SW-224), 山东省泰山学者建设工程基金联合资助。

作者简介: 韩清华 (1966), 男, 高级工程师, 中国科学院海洋研究所在读博士生。

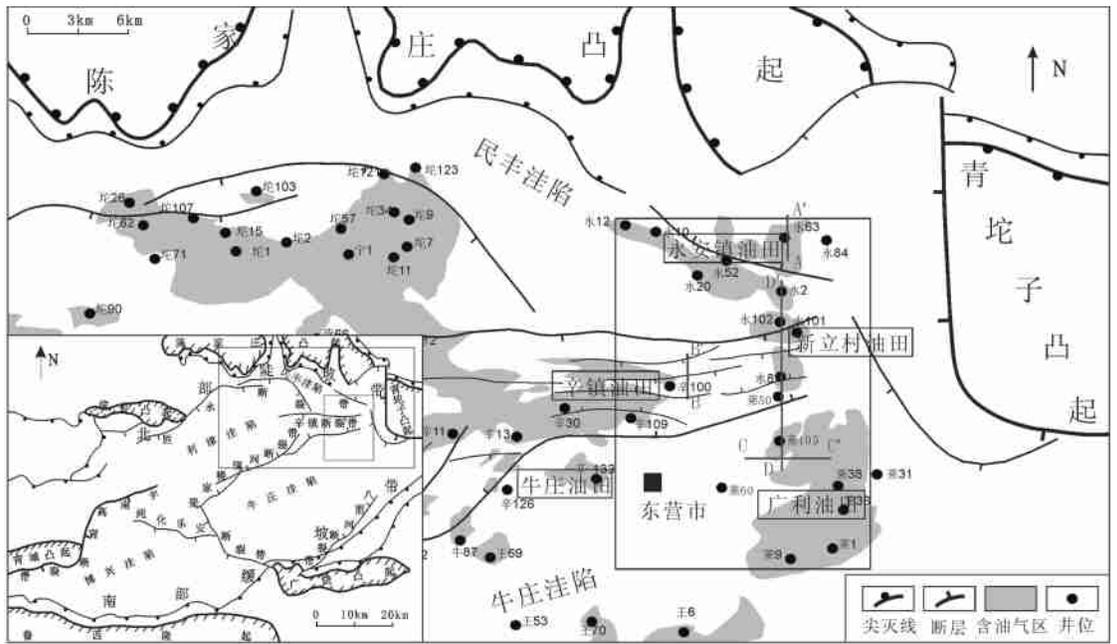


图1 辛东地区构造位置图(方框表示图2的位置,角图表示东营凹陷)

Fig 1 A sketch showing structural location of Xindong area

(The square frame indicates position of Fig. 2 and the insert the Dongying Sag)

据钻井资料和地震资料,辛东地区自下而上发育有太古宇、古近系(孔店组 Ek、沙河街组 Es、东营组 Ed)、新近系(馆陶组 Ng、明化镇组 Nm)和第四系(平原组 Qp)。太古宇以花岗岩麻岩及侵入岩为主。古近系孔店组下部为玄武岩夹泥岩,中部为泥岩夹砂岩,上部为红色砂岩与泥岩的互层;沙四段下部为砾岩,上部以泥页岩、油页岩及灰质泥岩为主;沙三段下部为暗色泥岩夹薄层砂岩,中部为泥岩夹粉砂岩,上部为砂岩夹泥岩;沙二段以浅灰绿色疏松粉砂岩、粉砂岩和泥岩为主,含少量岩屑夹灰绿色泥岩;沙一段下部为泥岩夹粉砂岩,中部泥岩夹生物灰岩,上部为粉砂岩;东营组以灰白色含砾砂岩、粉砂岩及浅灰绿色泥岩和棕红色泥岩为主。新近系馆陶组下部为含砾砂岩,上部为泥质粉砂岩;明化镇组主要为浅棕红色泥岩。第四系平原组以松散黄色泥砂岩为主。其中沙三段、沙二段、沙一段、东营组、馆陶组为含油层系,主力含油层系是沙二段和沙三上段^[1,2]。

2 构造特征分析

辛东地区位于东营凹陷中央断裂背斜构造带东段,处在辛镇构造带、广利构造带、新立村构造带和永安镇构造带的结合部(图1),承袭了几个构造的特点。

永安镇构造带位于研究区的北部,断层主要有三组延伸方向: NW、NWW、近 EW 向。NWW 向断层在数量上和规模上都占绝对优势且活动强度大,延续时间长。受断层切割影响,永安镇地区形成众多的断块,断块破碎程度高(如图2)。剖面上,断层以 NNE 倾为主,古近系破碎严重,整体呈断阶状,受青坨子凸起顶托的影响,向东北方向逐渐抬升(如图 3AA', 位置见图1)。

辛镇构造带位于研究区中部,是一个近东西向的不对称长轴断裂背斜,南翼与牛庄洼陷

北坡相连, 倾角较缓; 北翼接民丰深洼陷, 倾角较陡。平面上, 断层延伸大多数近 EW 向展布, 剖面上整个背斜密集地发育着一组平行轴向的复杂的“包心菜”状的地堑式断裂(如图 3BB', 位置见图 1)。

广利构造带位于研究区东南部, 发育了一组近似平行的 NE 向断层, 断层的规模、断距较小, 断层倾向 NW, 断块相对较为简单、完整。剖面上断裂彼此平行, 形成一个向东逐渐抬升的顺向断阶带(如图 3CC', 位置见图 1)。

新立村构造带位于中央隆起带东端与青坨子凸起相结合的部位。该区声学基底起伏变化较大^[1], 正好处于青坨子凸起西侧陡坡带向凹陷区延伸转折部位, 断层展布规律比较强, 由近 SN 向和近 EW 向的两组断裂组成。新立村复式背斜构造是东营凹陷中央背斜构造带向东的延伸部分, 在背斜构造的背景上, 断层将其复杂化(如图 2)。

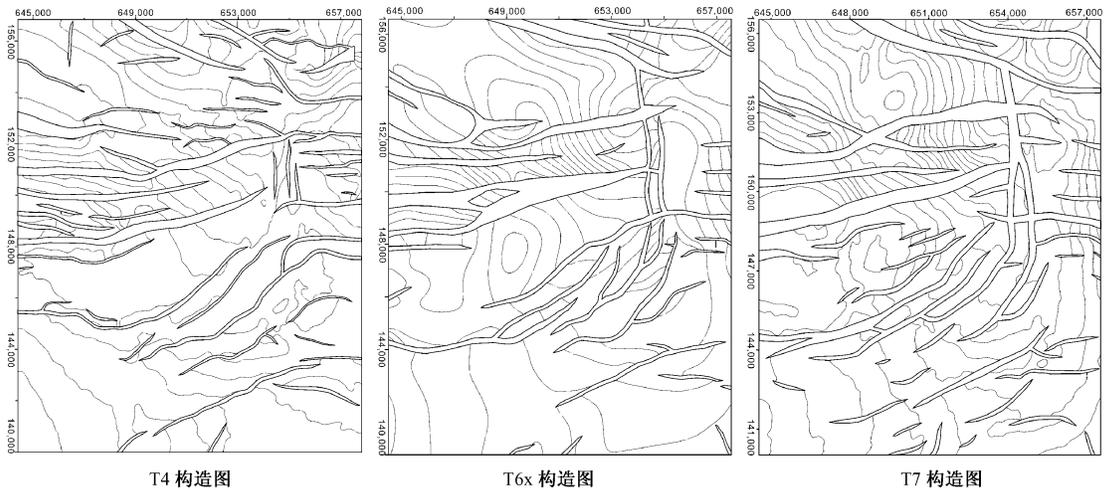


图 2 辛东地区 T4、T6x、T7 构造图

Fig. 2 Structural diagrams for T4, T6x and T7 of Xindong area

2.1 断裂体系的平面展布特征

从研究区的构造图(图 2)上来看, 区内断层展布规律比较强, 断层倾向大体上分 NE 向、近 EW 向、SN 向和 NWW 向。其中南部的 NE 向断层属于广利断裂系统; 中部左翼的近 EW 向断层属于辛镇断裂系统, 中部右翼的近 SN 向断层以及一组近 EW 向断层则属于新立村断裂系统; 北部的 NWW 向断层属于永安镇断裂系统。

研究区内, 东南部的断裂倾向 NW, 东北部的断裂以 NNE 倾占主导地位, 而研究区中部辛镇长轴背斜构造带内南翼断层北倾, 北翼断层南倾。此构造带是辛东地区南北部断层倾向转换的主要地带。

比较辛东地区 T4、T6x、T7 标准反射层构造图(图 2)可以看出, 从深部的 T7 构造图到浅部的 T4 构造图, 除了断层断距的变化导致断层位置有所“漂移”外, 断裂平面特征基本相似, 大断层的形态基本一致, 具有明显的继承性。

研究区整体表现为“东梁西沟”的构造形态, 东部地层埋深浅, 其中古近系各层位地层埋深最浅处位于研究区的东北角, 西部的地层埋藏较深, 其中研究区内地层埋藏最深处位于中央背斜构造带的地堑内。

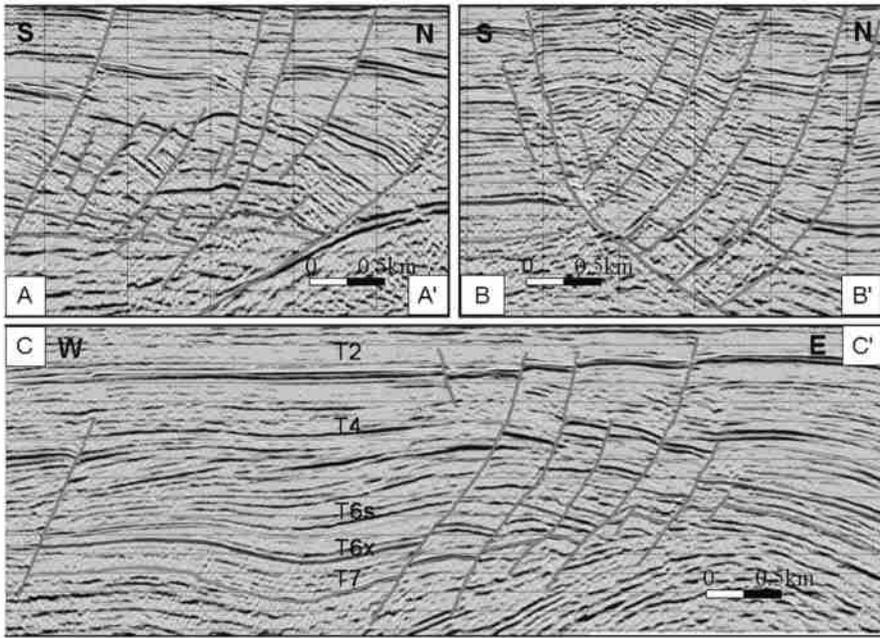


图3 AA'永安镇构造带南北向地震剖面; BB'辛镇地区南北向地震剖面;
CC'广利地区东西向地震剖面

Fig. 3 AA', N-S seismic profile in Yonganzhen structural belt;

BB', N-S seismic profile in Xinzhen area; CC', E-W seismic profile in Guangli area

2.2 断裂体系的剖面特征

断裂上盘某地层的厚度与下盘同层位地层厚度的比值可用来表示地层沉积期生长断层断裂活动的速率, 即生长指数^[3]。

给出一条生长断层, 其在时期*i*的生长指数为: $G_i = H_i / h_i$

式中, G_i 表示第*i*时期生长断层的生长指数; H_i 表示第*i*时期下降盘厚度; h_i 表示第*i*时期上升盘厚度。

生长指数是一个能判定伸展和挤压时间及速率的参数, 其大小反映了断层的生长速度, 也即断裂的活动强度^[4]。由于同生正断层控制了断层两盘沉积厚度, 因此, 在断层活动期间, 其下降盘的厚度应大于上升盘同层位的地层厚度, 生长指数的值越大, 反映断层的活动强度越大。

根据对研究区的断层资料统计发现, 辛东地区断裂不仅落差大小差异, 而且发育时期和活动强度也各不相同。无论是在辛镇断裂带还是在广利断裂带或永安镇断裂带, 都表现出下降盘地层厚度明显比上升盘厚度大的特征(图3), 表明该地区断层明显具有生长断层的性质, 唯不同时期的生长指数有所不同(见表1)。

从不同地区各期断层生长指数直方图(图4)上可以看到, 除馆陶组(N_g)、沙一段(E_{s1})和沙四段(E_{s4})外, 辛镇地区其它三期的断层活动性比另外两个地区要大。由表1与图4可以看出, 整体而言, 这几个地区断层活动期次以及断层活动强度的整体趋势是一致的, 呈“双峰”形态, 即沙三上段到沙二段($E_{s3L}-E_{s2}$)沉积时期以及东营组(E_d)沉积时期是断层发育的高峰期, 分别对应济阳运动和东营运动两个时期。

表 1 辛镇、广利、永安镇构造带主干断裂各期断层生长指数统计表

Table 1 Statistics of growth index of different-time faults in master fracture

构造带	断层数据类型	Ng	Ed	Es ₁	Es ₂ +Es _{3上}	Es _{3中} +Es _{3下}	Es ₄
辛镇构造带	下降盘厚度 (m)	193	490	363	784	459	348
	上升盘厚度 (m)	165	272	265	443	345	325
	生长指数	1.17	1.80	1.37	1.77	1.33	1.07
广利构造带	下降盘厚度 (m)	220	432	324	720	370	340
	上升盘厚度 (m)	176	243	246	428	308	325
	生长指数	1.25	1.78	1.32	1.68	1.20	1.05
永安镇构造带	下降盘厚度 (m)	198	404	309	782	470	175
	上升盘厚度 (m)	168	235	224	480	385	160
	生长指数	1.18	1.72	1.38	1.63	1.22	1.09

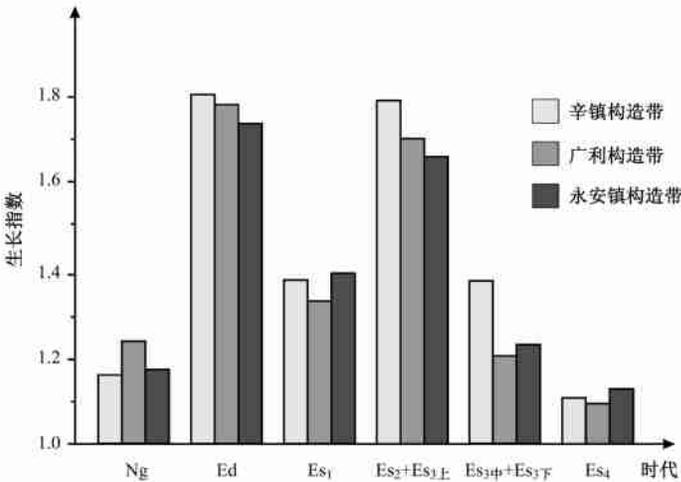


图 4 各区主干断裂生长指数直方图

Fig. 4 Histogram of growth index of master fractures in different areas

3 构造演化

从区域构造环境来看, 辛东地区与它所处的东营凹陷一样, 新生代以来主要经历了古近纪的断陷和新近纪以来的整体拗陷两个阶段^[1]。由于辛东地区向东毗邻郯庐断裂带, 向西与东营凹陷中央背斜构造带相连, 在早期的伸展、走滑和后期的塑性物质拱张等多种构造应力的相继作用下^[1, 5, 6], 构造演化极为复杂。为了详细研究辛东地区新生代以来的构造演化历史, 我们应用平衡剖面技术来进行定量分析。

平衡剖面技术起源于 20 世纪早期, Chamberlin 最早用平衡剖面技术计算了下伏同期褶皱的滑脱深度^[7], Dahlstrom 在 1969 年给出了平衡剖面的明确定义: 从变形状态恢复过来的沉积时的剖面^[8]。平衡剖面将剖面变形前后的状态有机联系起来, 通过变形前后的应变分析, 可以定量给出地层的变形过程和变形量的大小, 并可以推测变形过程中应力场的变化情况,

这对我们了解和掌握研究区的构造演化是非常有益的。

建立平衡剖面的最基本原理就是物质不灭原理, 无论如何在地层变形的前后物质的总量是应该保持不变的。随着研究的深入和面临的问题越来越复杂, 人们又相继提出了三条具体的平衡原则: 层长不变、面积不变和体积不变原理。层长不变原理就是指变形前后地层线的长度保持不变^[9, 10]。面积不变指的是在剖面上, 变形前后地层线之间或者是不整合面之间所包络的面积保持不变^[11]。体积不变原理主要是指在一定的空间范围内, 虽然形变导致空间几何构型发生变化, 但是包络线所围成的体积空间在变形前后的体积保持不变^[12]。本文在进行平衡剖面分析中, 遵循面积平衡原理。

我们选取了辛东地区的 4116 南北向测线的主干剖面进行了构造演化史恢复, 主要针对研究区的沙三中沉积前至现今 9 个不同时期进行了构造演化史的恢复, 绘制了相应的构造演化史剖面图 (图 5), 并且分别计算出了各期演化过程中剖面的伸展量和伸展率 (表 2)。

具体算法为: $I=L_1-L_0$; $e=(L_1-L_0)/L_0$

其中: I 表示剖面的伸长量, 谓之伸展量, 常以 km 为单位; L_1 表示经拉张运动后的剖面长度; L_0 表示原始剖面长度; e 表示单位长度的剖面伸展量, 谓之伸展率, 以百分数表示, 大于零反映剖面伸长, 小于零反映剖面缩短。

表 2 辛东地区南北向 4116 测线剖面伸展量和伸展率统计表

Table 2 Statistics of tensor and the extension rate of N-S 4116 survey line profile in Xindong area

时期	$E_{S_{3\#}}$	$E_{S_{3\pm}}$	E_{S_2}	E_{S_1}	Ed	Ng	Nm	Qp
伸展量 (km)	0.561	0.239	0.344	0.078	0.228	0.036	0.009	0.007
伸展率 (%)	4.9	1.98	2.8	0.61	1.87	0.25	0.07	0.05

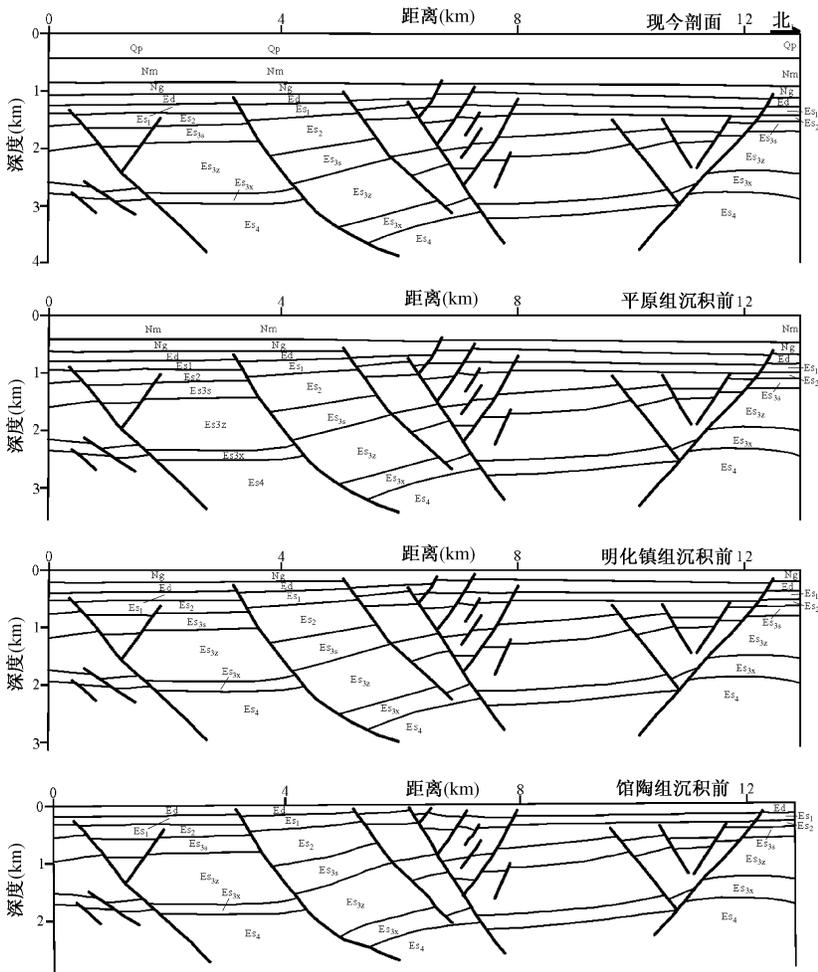
通过对辛东地区不同时期构造演化史的恢复 (图 5), 可得知辛东地区的主干断层在沙三段沉积前就已经存在, 且这些主干断裂是在沙四段—沙三下段沉积时期受到区域拉伸作用而产生的^[2, 5]。就平衡剖面的制作来说, 随着层位回剥的继续, 每剥掉一套地层并处理掉一条断层, 剖面的伸展量都会有一个相对较大的改变。根据对演化史剖面的分析以及对断层数量和伸展量变化的综合考虑, 沙三上段至沙二段 ($E_{S_{3\pm}}-E_{S_2}$) 沉积时期以及东营组 (Ed) 沉积时期应是本地区断层活动的全盛期, 大多数断层都产生于这两个高峰期, 也是研究区各主干断裂的主要伸展期, 累计伸展量达 1500m; 馆陶组 (Ng) 沉积时期断层活动较弱, 基本上没有新断层产生, 只是老断层的断距还有所增加; 明化镇组至今 (Nm-现今), 断层基本停止活动, 表现出现今的地貌特征。

辛东地区构造位置的特殊性, 决定了其构造特征是在多种应力场控制下、多种因素影响下形成的。该构造体系的应力作用期主要经历了前期的走滑作用、伸展作用和后期的塑性物质拱张作用^[1, 5, 6, 13]。通过对本地区地质与地球物理资料的分析, 将其构造演化历程大致分为 3 个阶段: 雏形阶段、定型阶段和衰退阶段。

雏形阶段: 沙三段 (E_{S_3}) 地层沉积以前, 辛东地区主要受区域伸展作用和走滑断裂作用的影响, 特别是郯庐断裂右旋平移走滑作用的影响^[1, 5, 9]。在这种应力的作用下, 发育了受拉伸作用形成的近东西向的主干断层和受压扭性剪切作用形成的南北向断层, 早期的南北向断层主要位于青坨子凸起的西侧, 受走滑断层的影响较大, 后期发育的近东西向的断层主要是受区域伸展作用的影响^[4]。

定型阶段: 沙三段 (Es₃) 地层沉积时期, 沉积速度加快, 负载层的厚度进一步增大, 阻碍着孔店组至沙四段 (Es₄) 形成的巨厚盐岩、膏岩及塑性泥岩层压实成岩, 从而形成了具有高异常流体压力的塑性层, 塑性层上拱, 进一步加剧了前期已形成的断层, 并导致一系列新断裂形成^[13,14], 沙三上段沉积时期断层数量的猛增也可间接说明这一问题; 至沙一段 (Es₁) 地层沉积前, 断层数量明显增加, 主断裂都已形成, 构造的轮廓基本成形; 东营组 (Ed) 地层沉积期间, 断层数量进一步增加, 但多为一些小断层, 相比于断层数量的增加, 这一时期主要是断裂伸展的幅度进一步增大 (如图 5)。总体上, 馆陶组 (Ng) 地层沉积前, 随着上覆地层的不断沉积, 断层数量的增多, 断距的逐渐加大, 构造幅度也逐渐增大, “负花状”地堑基本成形^[15], 本区构造基本定型 (如图 5)。

衰退阶段: 馆陶组、明化镇组地层沉积时期, 塑性层继续上拱^[14]。但在这一阶段基本上没有新断层的产生, 主要是已有断层的幅度进一步增大; 到了平原组沉积时期, 本区断层基本停止活动 (如图 5)。



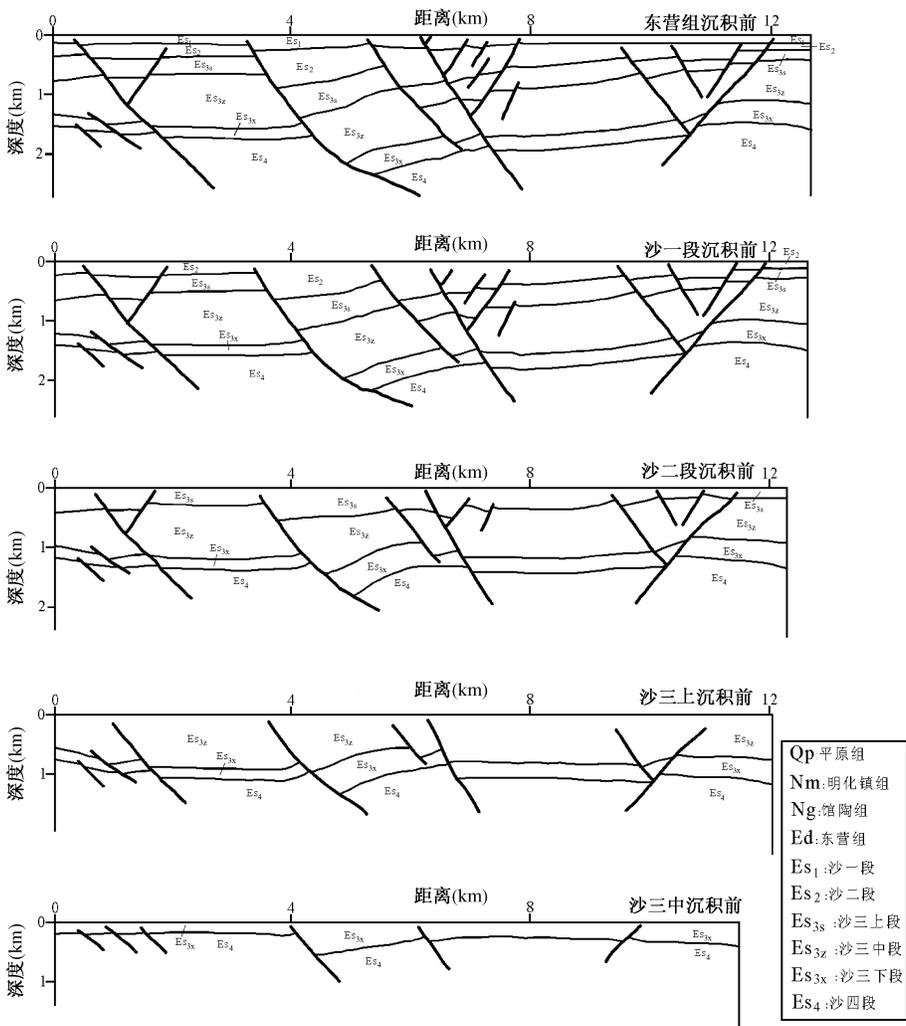


图 5 辛东地区南北向 4116 测线构造演化史剖面具

Fig 5 Profile of structural evolution of the N-S 4116 survey line in Xindong area

4 成藏规律分析

4.1 油源条件及成藏期次

东营凹陷是渤海湾盆地最富集的生油洼陷，凹陷内古近系主要发育沙四上段（ $Es_{4上}$ ）、沙三中下段（ $Es_{3中、下}$ ）两套生油层系^[16~18]。这两套烃源岩形成于不同的沉积环境，具有不同的生物标志化合物组合特征，对本地区所产油气进行地球化学分析可知，两套生油层系均为研究区提供油气。对比看来，靠近民丰生油洼陷的原油，其生物标志化合物相对含量更接近民丰洼陷沙三中下段烃源岩；而靠近牛庄生油洼陷的原油，其特征与牛庄洼陷沙四段烃源岩特征更相似一些^[16]。实际上，沙三中下段和沙四上段在纵向上相邻接，可以看作一大套烃源岩^[17]，因此，辛东多数地区的油藏既有沙三段源岩的贡献，又有沙四段烃源岩的特点，只不过对不同地区的相对贡献量有所差异。综合来看，该区油气源条件非常优越。

根据盆地模拟的结果, 得到东营凹陷主力烃源岩生、排烃直方图如图 6 所示, 从图中可以看出, 东营凹陷烃源岩从沙二下段 ($ES_{2下}$) 开始有烃类生成, 沙二上段 ($ES_{2上}$) 开始排烃, 但数量较少, 之后, 生、排烃数量持续增大。古近纪末东营运动使得东营凹陷整体抬升^[1, 19], 造成生烃作用中断, 故尚不能形成大规模油气聚集。这一时期生烃量只占总生烃量的 35% 左右, 排烃量占总排烃量的 20%, 且主要成熟区分布于各洼陷的中央地区。进入新近纪后, 东营凹陷整体进入拗陷阶段^[1, 19], 烃类大量生成, 在馆陶组上段 ($Ng_{上}$) 开始大规模排烃并向本区运聚。新近纪以来的生烃量占到总生烃量的近三分之二, 排烃量占 80%。在新近纪馆陶组 ($Ng_{上}$) 和明化镇组 (Nm) 沉积时期, 排烃量达到高峰^[19, 20], 因此这一时期应是主要的油气成藏期。(东营凹陷主力烃源岩不同时期累积生、排烃量见图 6)

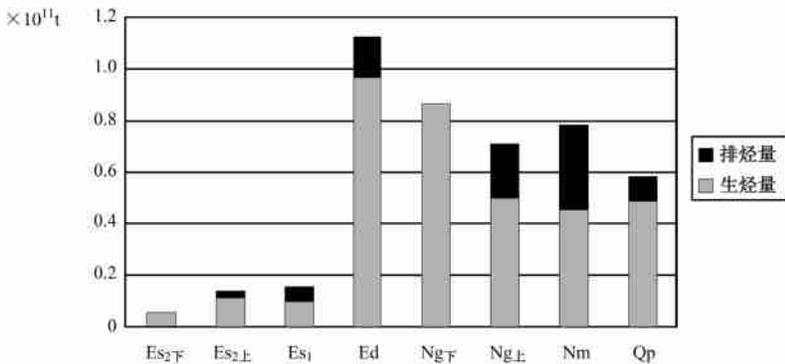


图 6 东营凹陷主力烃源岩不同时期累积生、排烃量直方图

Fig 6 Histogram diagram of accumulative hydrocarbon-generation and hydrocarbon-expulsion of leading source rocks in different times in Dongying sag

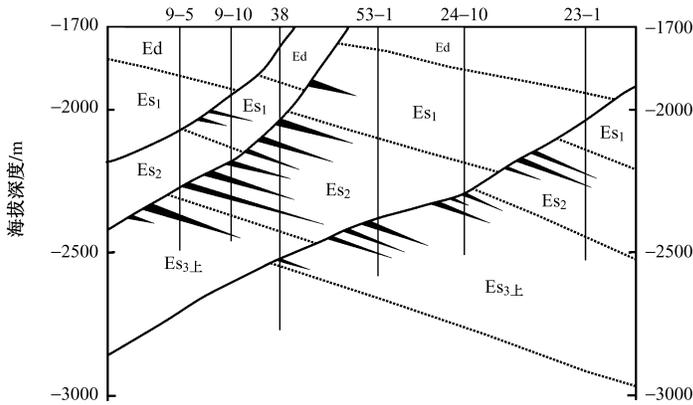
具体就辛东地区而言, 油气生成时期也主要分这两期: 东营期和馆陶期, 而且以晚期成藏为主^[20]。不同层系及不同位置油气藏的形成时间也有较大差异。总体来说, 研究区内沙四段 (ES_4)、沙三中下段 ($ES_{3中,下}$) 原生油藏形成时间最早, 基本在东营期形成; 沙三上段至沙一段 ($ES_{3上}-ES_1$) 的油气藏形成较晚, 主要在馆陶期末至明化镇期; 但随着研究区主干断裂活动的持续进行, 早期形成的油气藏平衡条件被改变, 油气沿断裂再运移, 在浅部形成次生油气藏^[19~20]。因此, 研究区内晚期成藏占有绝对优势。

4.2 油气藏类型及特征

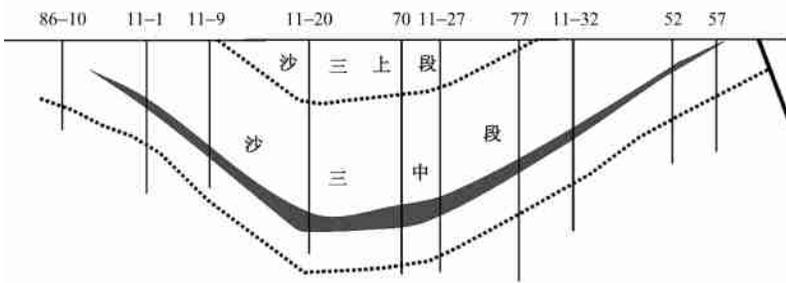
根据油田实践的多年经验以及地质、地球物理等多方面资料的前期研究, 按控制油气聚集的圈闭条件进行分类, 研究区内的油气藏主要为断层、岩性、断层-岩性复合等类型。

在断层油气藏中, 以断块油气藏最为发育, 断鼻油气藏较少见, 含油层系东营组 (Ed)、沙一段 (ES_1)、沙二段 (ES_2) 以及沙三上段 ($ES_{3上}$) 主要为断块圈闭, 其中大多数为反向断层遮挡成因^[21]。这类油气藏遮挡断层的倾向与储层倾向相反, 形成断层遮挡反向屋脊条带状断块, 有的学者将其称之为屋脊式油气藏 (如图 7), 由于反向断块更容易形成圈闭, 成藏条件优越, 占主导地位。

研究区内发育的岩性油气藏, 分砂岩尖灭油气藏和砂岩透镜体油气藏^[22]。在辛东地区, 沙二段 (ES_2) 主要发育三角洲前缘和平原相沉积^[23], 砂体厚度大、分布广, 具备了发育岩性油气藏的条件, 但本地区断层发育, 砂体被切割, 断层成了油气藏发育的主要因素^[2], 岩性居次要地位, 而对本区有重要意义的岩性油气藏是沙三中下段 ($ES_{3中,下}$) 以及沙四段

图 7 辛东地区“屋脊式断块油气藏”剖面示意图^[21]Fig. 7 The profile of fastigium-faulted reservoir in Xindong area^[21]

(Es₄) 发育的砂岩透镜体油气藏^[22] (如图 8)。这类油藏的储集砂体周围均为泥岩, 少数局部被断层切割遮挡, 埋藏深, 一般为 2650~3200 米^[23], 保存条件好, 故原油性质较好。

图 8 辛东地区“砂岩透镜体油气藏”剖面示意图^[22]Fig. 8 The profile of lens-type sandstone reservoir in Xindong area^[22]

断层—岩性复合油气藏主要分布于沙三中下段 (Es_{3中,下}) 和浅层明化镇组含油层系中, 在沙二段 (Es₂) 含油层系中也有发现^[22]。这类油气藏的特点是, 在地层上倾向主要受断层遮挡, 在侧向上, 由岩性尖灭或物性变差而形成遮挡^[23]。

4.3 油气成藏模式

根据研究区生产用油藏剖面, 结合油气成藏条件、成藏机理和成藏过程等多方面因素绘制的成藏模式图如图 9 所示, 具体包括以下三个方面: 油气汇聚范围、油气主要运聚成藏期和油气运聚成藏方式。

研究区的油气主要来自于周围生油洼陷的沙三中下段 (Es_{3中,下}) 和沙四上段 (Es_{4上}) 烃源岩; 主要运聚成藏期有两期, 东营期以及馆陶末期—明化镇时期, 且以晚期成藏为主。前文已述。

油气生成后, 运聚成藏主要有两种方式: 一方面, 洼陷区的油气通过连通的储集体向本区大规模运移, 油气首先在靠洼陷近的构造翼部断块区富集起来, 同时穿过断层向构造核部断块区运移聚集 (如图 9); 另一方面, 一些长期活动的二级断层下部可断至沙三中下段 (Es_{3中,下}) 和沙四上段 (Es_{4上}) 等油源层, 上部断至新近系明化镇组 (Nm), 成为油气纵向运移的通道 (如图 9)。这些控制构造发育演化的油源断层, 使得深部古近系沙三中下段

($E_{S3中、下}$) 原生岩性油气藏和已被断层遮挡形成的沙三上段 ($E_{S3上}$)、沙二段 (E_{S2})、沙一段 (E_{S1})、东营组 (Ed) 的断块油气藏的平衡条件被改变, 部分油气沿断层向上运移, 在上部的新近系馆陶组 (Ng) 和明化镇组 (Nm) 中形成次生油气藏 (如图 9)。

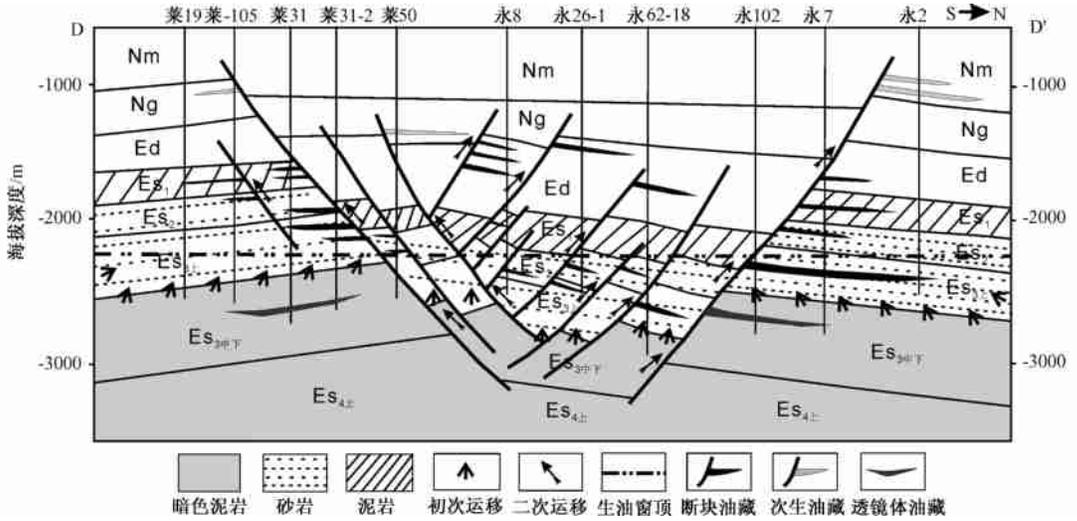


图 9 辛东地区油气成藏模式图 (位置见图 1DD')

Fig. 9 The reservoir model of Xindong area

5 主要的结论与认识

辛东地区构造复杂, 断层具有明显的继承性和生长性特征。平面上, 各层位的构造形态基本相似, 大断层的形态基本一致。剖面上, 断层断距明显, 两盘地层厚度变化较大。

沙三上段到沙二段 ($E_{S3上}-E_{S2}$) 沉积时期和东营组 (Ed) 沉积时期是断层活动的高峰期, 新近纪以后, 断层活动逐渐减弱。辛东地区新生代构造演化主要经历了沙三段 (E_{S3}) 沉积前的雏形阶段、沙三段—东营组 ($E_{S3}-Ed$) 沉积时期的定型阶段和馆陶组—现今 (Ng -现今) 的衰退阶段三个时期。在雏形演化阶段, 伸展作用占主导因素, 定型阶段主要受到塑性物质拱张作用的影响。

研究区内的油源主要来自于邻近的民丰洼陷和牛庄洼陷。油气成藏始于古近纪沙二上段 ($E_{S2上}$) 沉积时期, 成藏期次基本分为东营期和馆陶末~明化镇期两个时期, 且以晚期成藏为主。油气生成并被排出烃源岩后, 首先就近运移, 在深部沙四段 (E_{S4})、沙三中下段 ($E_{S3中下}-E_{S2}$) 发育的岩性圈闭中聚集成藏; 其次, 通过大规模联通的储集体和活动性断层向本区运移, 在靠近洼陷的构造翼部和核部的古近系断块区富集起来; 此后, 由于长期发育的活动性断层的存在, 已形成油气藏的平衡条件被改变, 部分油气随着活动性断层继续向上运移在浅部新近系中形成次生油气藏。

参 考 文 献

[1] 胜利油田石油地质志编写组编. 《中国石油地质志》(卷六·胜利油田) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 2~

- [2] 徐守余,刘泽蓉. 山东济阳帚状构造体系与油气聚集 [J]. 地质力学学报, 2001, 7 (2): 155~160.
- [3] 徐开礼,朱志澄. 构造地质学 [M]. 北京:地质出版社, 1984. 42~50.
- [4] 陈刚,戴俊生,等. 生长指数与断层落差的对比研究 [J]. 西南石油大学学报, 2007, 29 (3): 20~23.
- [5] 杨占宝,郟庐断裂带中新生代演化与含油气盆地形成分布综述 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (1): 43~48.
- [6] Yu Zhaohua Wu Shiguo Zou Dongbo, et al. Seismic profiles across the middle Tan-Lu fault zone in Laizhou Bay, Bohai Sea, eastern China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 3: 256~267.
- [7] Chamberlin R T. The building of the Colorado Rockies [J]. Journal of Geology, 1919, 27: 225~251.
- [8] Dahlstrom CDA. Balanced Cross Section Canadian [J]. Journal of Geosciences, 1969, 6: 743~759.
- [9] Ramsay JG, Huber MI. The Techniques of Modern Structural Geology. Vol 2: Folds and Fractures [M]. London: Academic, 1987.
- [10] Davison I. Listric normal fault profiles: calculation using bed-length balance and fault displacement [J]. Journal of Structural Geology, 1986, 8: 209~210.
- [11] Goshong RH, Jr., Pashin JC, Chai B et al. Predicting reservoir-scale faults with area balance: application to growth stratigraphy [J]. Journal of Structural Geology, 2003, 25: 1645~1658.
- [12] Wu SG, Yu ZH, Zhang RQ, et al. Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution of the Zhuanghai area, Bohai-Bay Basin, east China: application of balanced cross-sections [J]. Journal of Geophysics and Engineering, 2005, 2: 158~168.
- [13] 蒋有录,刘振. 东辛复杂断块油气田的形成及油气富集特征 [J]. 复式油气田, 1997 (3): 7~12.
- [14] 于建国,李三忠,王金铎,等. 东营凹陷盐底辟作用与中央隆起带断裂构造成因 [J]. 地质科学, 2005, 40 (1): 55~68.
- [15] 池英柳,赵文智. 渤海湾盆地新生代走滑构造与油气聚集 [J]. 石油学报, 2000, 21 (2): 14~20.
- [16] 朱光有,金强. 东营凹陷两套优质烃源岩层地质地化特征研究 [J]. 沉积学报, 2003, 21 (3): 452~460.
- [17] 刘华,蒋有录,宋西云,等. 东营凹陷东辛油田油源对比研究 [J]. 石油大学学报, 2005, 29 (4): 1~9.
- [18] 刘庆. 东营凹陷东辛油田油源分析和成藏过程研究 [J]. 成都理工大学学报, 2005, 32 (3): 263~270.
- [19] 蒋有录,刘华,张乐,等. 东营凹陷油气成藏期次分析 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24 (3): 215~218.
- [20] 陈中红,查明,金强,等. 东营凹陷烃源岩幕式排烃研究 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25 (4): 444~448.
- [21] 马丽娟,郑和荣,解习农. 东营凹陷中央隆起带断裂构造及油气运移 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26 (2): 246~251.
- [22] 蒋有录. 东辛地区油气藏类型及其分布特征 [J]. 石油实验地质, 1998, 20 (4): 368~373.
- [23] 王远坤. 胜利油区东辛油田地质特征与含油气规律探讨 [J]. 西安石油学院学报, 1995, 10 (1): 18~20.

STRUCTURAL EVOLUTION AND HYDROCARBON ACCUMULATION IN THE XINDONG AREA OF DONGYING SAG, BOHAI BAY BASIN

HAN Qing-hua^{1,4}, YAN Peng², YU Zhao-hua³, WU Shi-guo^{1,4}

(1. Key Lab of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;

2. College of Geo-Resource and Information, China University of Petroleum (Huadong), Dongying 257061, China;

3. CNPC International Research Center, Beijing 100083, China;

4. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The Xindong area is located at the conjunction of several structural belts, among which the Xinzhen structure constitutes the principal structural belt of the research area. The faults of the area
(下转第 345 页)

TYPICAL TECTONIC STYLES AND THEIR GEOLOGIC SIGNIFICANCE IN EASTERN GUIZHOU PROVINCE

DAI Chuan-gu^{1,2}, ZHANG Hui², HUANG Qing-hua³

(1. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China*; 2. *Guizhou Academy of Geological Survey, Guiyang 550005, China*;

3. *Development Company of the Urban Rebuilding, Rui'an, Zhejiang 325200, China*)

Abstract: The Mesoproterozoic-Neoproterozoic to Cenozoic strata, including many types of magmatite and metamorphite, are developed in eastern Guizhou Province. Multi-periods of tectonic movements happening in the study region have been divided into Wuling structural cycle, Caledonian tectonic cycle, Yanshan tectonic cycle and Himalayan tectonic cycle. Typical structural styles are Alpine fold, Jura-type fold, thrust-nappe structure, ductile shear zone, metamorphic core complexes, extension-stripped fault system, strike-slip fault system, horst-graben structure, respectively. Difference of tectonic styles in different tectonic periods reflects the difference of structural positions. Therefore, in the plane, the Jiangnan orogenic belt is a composite orogenic belt composed of different orogenic sub-belts with evolution history of eastward migration.

Key words: typical tectonic style; geological significance; eastern Guizhou Province

(上接第 373 页)

display obvious growth and succession, and reached the acme in their development during the deposition of Es₃-Es₂ and Ed. Based on the analysis on balanced cross-section evolution of 4116 survey line, the Cenozoic tectonic evolution of this research area could be divided into three stages: pre-Es₃ embryonic stage, Es₃-Ed shaping stage, and Ng-present decline stage. The oil resource of this area mainly came from the nearby Minfeng and Niuzhuang sags. Ed and Ng-Nm are two oil and gas reservoir forming phases, and the latter is the main one. The generated oil and gas migrated laterally in the vicinity and accumulated in deep trap consisting of Es₄ and Es₃^{1,2}-Es₂; then, the oil and gas continued to migrate through large-scale accumulation body and active faults to the research area and concentrated in the Paleogene fault blocks involved in wing and core parts of structures near sags. Long-term development of active faults led to the change in condition for formation of oil and gas, so part of the generated oil and gas migrated upward along the active faults and formed secondary hydrocarbon reservoir in the Neogene beds.

Key words: tectonic evolution; balanced cross-section; oil & gas accumulation mechanism