

文章编号: 0253- 9985(2004) 02- 0170- 05

新构造运动与渤海湾盆地上第三系油气成藏

李大伟

(中国石油石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 从区域重力场、构造演化、火山活动、天然地震以及人工地震等方面的分析, 渤海湾盆地新构造运动活跃, 目前发现的上第三系油气藏主要分布在新构造运动相对活跃的渤中、济阳、黄骅等坳陷, 上第三系大型油气田的形成与很多地质因素有关, 但上新世以来的新构造运动起着关键作用, 新构造运动不仅促进油气的富集成藏, 而且对下第三系古油藏进行一定的调整, 发生油气的再次运移、再次聚集而形成上第三系的次生油气藏。据地震、钻井等资料综合分析: 渤海湾盆地上第三系油气藏主要分布于继承性活动大断层下降盘的逆牵引构造中。预测新构造运动相对活跃的渤中坳陷及其周边断裂带是勘探上第三系油气藏的有利地带。

关键词: 渤海湾盆地; 新构造运动; 上第三系; 油气勘探; 渤海湾盆地

中图分类号: TE112. 4 文献标识码: A

Neotectonism and Neogene oil and gas pools in the Bohai Bay basin

Li Dawei

(*Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing*)

Abstract: Studies of regional gravitational field, tectonic evolution, volcanic activities, earthquake and seismic data show that neotectonic movements are active in Bohai Bay basin. The existing Neogene oil and gas pools are mainly distributed in depressions, such as Bozhong, Jiyang and Huanghua, where neotectonic movements are relatively active. The neotectonic movements since Pliocene play a key role in the formation of large Neogene fields, though many other geologic factors make also their contributions. The neotectonic movements would not only improve hydrocarbon accumulation, but would also modify the Paleogene palaeo-pools, leading to the formation of Neogene secondary oil and gas pools through remigration and re-accumulation. Comprehensive analysis of seismic and drilling data indicates that the Neogene oil and gas pools in this region are mainly distributed in the reverse drag structures on the footwalls of large inherited active faults. The Bozhong depression and the surrounding fault zones with relatively active neotectonic movements are expected to be favorable areas for exploration of Neogene oil and gas pools.

Key words: Bohai Bay basin; neotectonism; Neogene; petroleum exploration; Bohai Bay basin

渤海湾盆地除渤中坳陷外, 其他地区的勘探目的层主要是下第三系及前第三系。近年来, 随着勘探的深入, 在渤海湾盆地的济阳、黄骅、辽河、渤中坳陷及南堡凹陷陆续发现了上第三系油气藏(如胜利油田的孤岛、孤东地区, 辽河油田的月海地区, 大港油田的羊二庄和赵东等油田, 渤海油田的蓬莱 19- 3、曹妃甸 11- 1、秦皇岛 32- 6、南堡 35- 2 和渤中 25- 1 等)^[1~6], 因此, 以浅层上第三

系为勘探目的层的研究和勘探工作日益为人们所重视。上第三系油藏由于埋藏浅, 一般为 900~1 600 m, 储层物性好、产量高, 易于开发。因此一旦找到浅层上第三系的工业性油气藏, 就具有很好的经济效益和环境效益。

上第三系油气藏隶属晚期成藏, 严格受到古近纪以来的新构造运动所控制, 因此, 加强本区新构造运动的研究, 以指导上第三系油气勘探工作,

具有明显的现实意义。

1 新构造运动特征

本文拟从区域重力场、火山活动、天然地震、构造演化以及人工地震等方面对渤海湾盆地的新构造运动进行识别和研究。对前4个方面的研究可揭示区域性的新构造运动特征,具有较强的横向可比性,但分辨率较低;人工地震则可很好反映局部的构造运动特征,具有较好的纵、横向连续性,且分辨率较高。

1.1 重力异常

重力异常是现代岩石圈莫霍面以上物质密度差异的反映。如果重力异常呈狭窄的条带状分布,可以根据计算重力异常梯度值的大小,判断地壳深部的断裂及其活动性。从渤海湾盆地的布格重力异常图看,本区沿郯庐断裂、沧东断裂以及埕西断裂等均存在明显的重力梯级带,说明这些地区具有较强的构造活动性。

1.2 火山活动

新构造运动伴生火山活动是很普遍且独特的新构造形迹。渤海湾盆地早中侏罗世、白垩纪、始新世、渐新世、中上新世和全新世都有岩浆活动,是由于地幔隆起造成的板内断裂形成的,火山岩体的分布与断裂的活动时期有关。从时间上看,本区火山活动集中于中、新生代,与区域构造运动的剧烈活动期相匹配。晚第三纪早期仍以岩浆活动为先导,馆陶组底部玄武岩在坳陷中心广泛分布。上第三系明化镇组沉积末期为新构造运动初发期,有少量玄武岩喷发活动。晚第三纪火山活动在渤海海域相对强烈(如在海3井钻遇900m厚的玄武岩),第四纪在埕子口凸起等地也有火山岩分布。这些火山活动在地震剖面上有明显的反映(图1)。

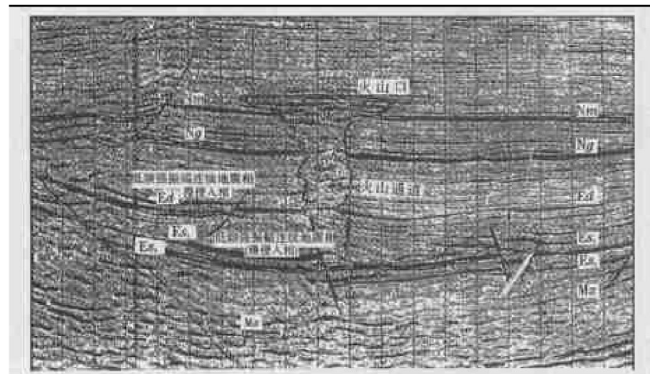


图1 黄骅坳陷羊二庄三维4565测线地震剖面

Fig. 1 Yangerzhuang 4565 line 3-D seismic section in the Huanghua depression

火山活动对油气成藏的作用具有两重性:一方面可以促进有机质的热演化,使许多埋藏较浅的烃源岩也能生成大量的油气;同时火山岩也具有一定的储集性能(如官3井沙河街组三段玄武岩储层),火山熔岩与火山碎屑溶岩具有杏仁构造、气孔、溶蚀孔和裂缝等,利于油气的储集;另外,岩浆活动还与本区的构造圈闭形成有关(如孔店构造带上的枣园构造就是孔店期火山岩体形成的背斜构造)。另一方面火山活动也可能对已成藏的油气起破坏作用。就本区而言,火山活动对油气成藏的建设作用大于破坏作用。

1.3 天然地震

天然地震是一种很普遍的自然现象,地球上每年发生的地震约有 500×10^4 次,而地球已经历了几十亿年的演化,在此过程中发生不同规模的地震难以胜数,特别是那些大、中型地震必然会对盆地内的各种地质演化起不可忽视的作用。新构造运动可伴生地震,地震活动又可在地表留下形迹(如地震断层、地裂缝等)。根据断裂与地震活动一致性的原理,就可以应用天然地震的研究反推新构造运动的规律性。

渤海湾地区正好位于环太平洋地震带西岸,为天然地震活动区,地震活动强度大、频率高。该区发生过一系列的强烈地震,主要沿北东向和东西向断裂带分布,如:郯城地震(1668年,8.5级)、平谷地震(1679年,8级)、海城地震(1975,7.3级)、宁河地震(1976年,6.9级)、唐山地震(1976年,7.8级)和滦县地震(1976年,7.1级)等。说明本区的新构造运动还很强烈,有关天然地震与油气成藏的关系,详细论述请参看作者的有关文献^[7]。

1.4 区域构造演化

渤海湾盆地的新构造运动与区域构造演化密切相关。因此了解中国东部以及渤海湾盆地的构造演化势必有助于本区新构造运动的研究。

我国东部地区现代断裂与断块活动特征取决于太平洋板块对中国大陆东部边缘地壳的冲挤作用,以及由此复活的现代构造运动^[8]。在晚第三纪以来,渤海湾盆地处于北东-南西向挤压应力场作用下,由北东-北北东向右旋走滑断裂以及北西-北西西向左旋走滑断裂组成共轭网络状构造格局(图2)^[9~12]。构造运动由早第三纪的大幅度垂直运动转变为晚第三纪的水平扭动;断块由绕水平轴旋转、滑移变为绕垂直轴旋转,特别是北

北西向的断裂活动明显加强,说明本区新构造时期具有右旋剪切的区域应力场,并一直延续至今。在该应力场作用下,不仅沉积了相当厚的上第三系,为油气生成提供了温度和压力条件,同时由于断层由张性变为扭性,对油气运、聚成藏也有重要的驱动和遮挡作用。

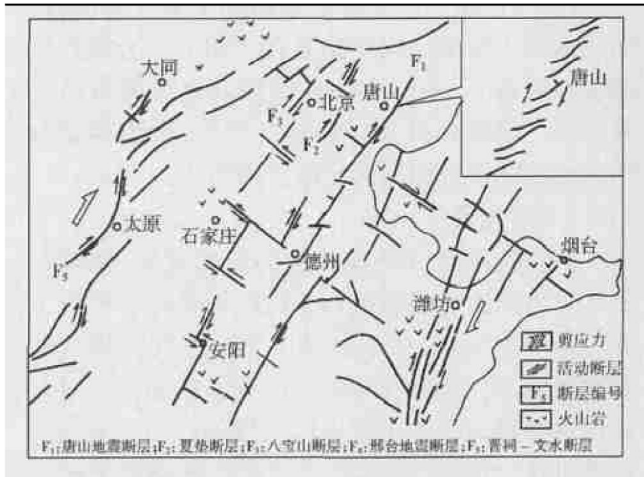


图 2 渤海湾盆地及邻区晚第三纪以来应力场示意图

Fig. 2 Diagram of stress fields since Neogene in Bohai Bay basin and adjacent area

1.5 人工地震

人工地震可很好反映局部的新构造运动特征,具有较好的纵、横向连续性(特别是三维地震体),且分辨率较高。这些地震数据中蕴含了许多构造运动方面的信息,需要深入挖掘。特别是随着地震资料计算机处理、解释、显示等技术的提高,地震资料的应用正逐步从构造解释发展到地质综合研究、油气藏描述、油田开发等诸多领域^[13]。

晚第三纪渤海湾盆地海域构造活动活跃,第四纪期间构造沉降又突然加剧,从地震剖面看,渤海海域多数断裂均上切到第四系(图 3),反映了晚第三纪以来的构造活动性。

我们根据地震以及钻井等资料所编绘的黄骅坳陷馆陶组断层分布图(图 4)显示本区晚第三纪的构造演化特征:坳陷中断到上第三系的断层很多,几乎所有一、二级断层和许多三级断层都断到了馆陶组,说明全区均有新构造活动。但各地区并不均一,根据不同地区地震剖面观察:黄骅坳陷南区的大部分断层只断到了馆陶组,且断距只有几十米到上百米,很少断到明化镇组和第四系;而海域不仅断层数量多,还有许多二、三级断层断到

上第三系明化镇组和第四系,断距也较大。这也是本区上第三系油气藏主要集中在渤海海域的主要原因。

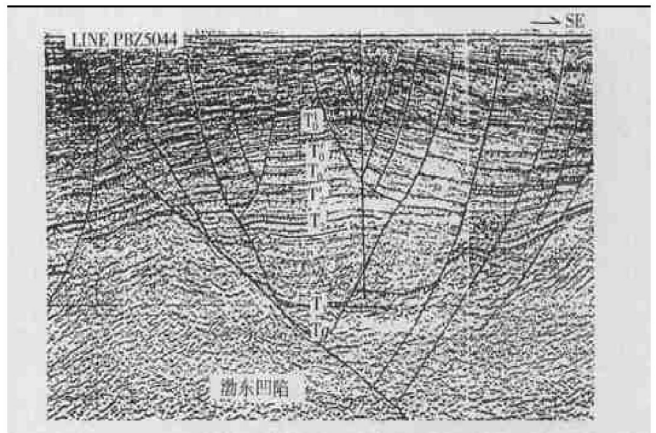


图 3 歧口凹陷 1019 地震剖面

Fig. 3 Seismic section of line 1019 in Qikou sag

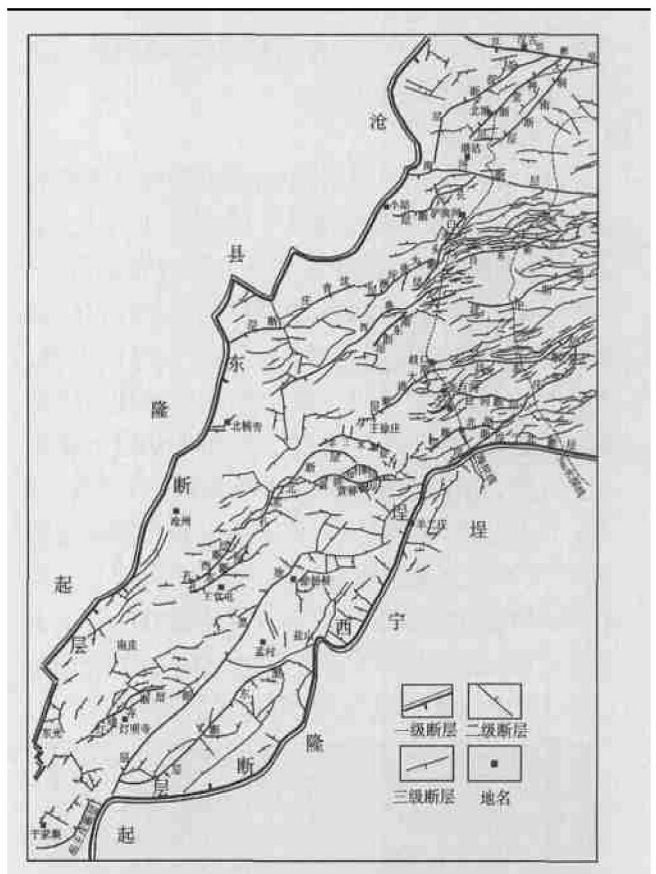


图 4 黄骅坳陷馆陶组断层分布图

Fig. 4 Distribution of faults in Guantao Formation in Huanghua depression

2 上第三系油气勘探及成藏规律

渤海湾盆地上第三系油气发现的首例是 1964 年在冀中坳陷钻探的河 1 井,于上第三系明化镇

组发现天然气藏(日产气40 201 m³)。目前本区发现的最大上第三系油气藏是 1999 年在渤中坳陷发现的 PL19- 3 气藏,其石油地质储量达6×10⁸ t。

图 5 为渤海湾盆地主要探区石油地质储量按层系分布直方图(其中冀中、黄骅、辽河数据来自 2003 年中国石油第三次资评成果,其他坳陷资料截止到 2002 年)。由图可见:沙河街组是各探区主要的含油层系。其中,临清坳陷石油探明储量都在沙河街组,这可能与该坳陷远离渤海海域,新构造运动活动较弱有关;而黄骅、济阳和渤中坳陷上第三系的石油地质储量均占有很大的比重(平均约 13%),在某些凹陷,上第三系的石油地质储量所占比重更高(如渤中凹陷占 87%,沙南凹陷占 96%),反映了不同地区新构造运动的强弱。

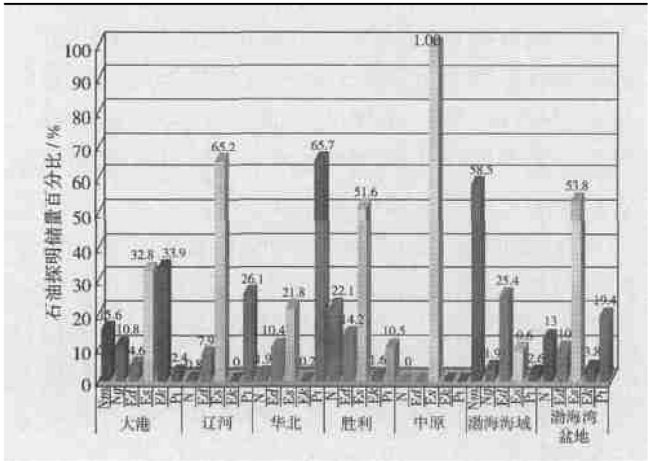


图 5 渤海湾盆地主要坳陷石油地质储量按层系分布图

Fig. 5 Distribution of proved oil reserves in place in various strata in the main depressions in Bohai Bay basin

2.1 成藏条件对比

如前所述,渤海湾盆地已发现赵东、蓬莱 19-3 等明化镇组和馆陶组油气藏,但渤海湾盆地的其他地区是否也存在上第三系油气藏呢?解决这一问题的有效途径之一就是分析已发现的上第三系油气藏成藏规律,并与其他地区进行类比。

表 1 为渤海湾盆地部分地区的勘探程度及有关地质情况表。从表中的东营组、上第三系-第四系沉积厚度、主要含油层位等可看出不同坳陷的演化及成藏特征的差异。

我们选取黄骅坳陷的赵东、羊二庄油田,以及渤中坳陷、辽河断陷、冀中坳陷、济阳坳陷、南堡凹陷等,对其上第三系成藏特征进行分析,从中总结本区上第三系油气成藏的部分规律*。

黄骅坳陷赵东、羊二庄油田的研究表明:上第三系油气有利的成藏条件主要包括:(1)有歧南凹陷沙河街组及东营组有效烃源岩;(2)有新构造运动产生或活化的羊二庄、赵北断层及其派生断层和不整合面,作为油气运移的通道;(3)馆陶组和明化镇组存在有效储层和圈闭;(4)馆陶组和明化镇组发育有良好的有效盖层;(5)圈闭的形成和油气运聚在时间上配置较好。但后期的断裂活动可能对已形成的油气成藏具有一定的破坏作用。

渤中坳陷是渤海湾盆地时代最新、新构造运动最活跃的坳陷,是本区上第三系油气勘探的主要方向^[2,4,8]。该区发现的 55 个油田和含油气构造中,明化镇组和馆陶组石油探明地质储量占 58.5%,天然气占 17.8%。从渤海海域各期的构造沉降速率看,明化镇组上段沉积期后构造沉降

表 1 渤海湾盆地各探区基本情况对比简表

Table 1 Diagram comparing the basic conditions in each exploration areas in Bohai Bay basin

对比内容	坳陷名称					
	黄骅(2002)	南堡(2002)	冀中(2002)	辽河(2002)	济阳(2002)	渤中(2001)
探区面积/km ²	18 499	1 932	24 980	15 906	33 000	51 310
探井数/口	1 762	279	2 483	2 120	5 592	330
东营组最大沉积厚度/m	1 000	2 000	2 000	1 800	1 000	4 500
上第三系-第四系最大沉积厚度/m	2 500	2 400	3 300	1 000	1 500	5 000
主要含油层位	孔店组和沙河街组	沙河街组、东营组和上第三系	第三系和古潜山	沙河街组和东营组	沙河街组和馆陶组	馆陶组和明化镇组
石油探明地质储量/10 ⁸ t	8.97	1.03	9.0635	20.72	42.90	21.9
天然气探明地质储量/10 ⁸ m ³	714.88	7.51	251.46	1 805.45	1 907	651

(坳陷名称括号中的数据为表中所用资料截止的年份)

* 李大伟. 大港探区新构造运动特征与极浅层油气评价[R]. 中国石油勘探院博士后出站报告, 2003

再次加快,表明新构造运动异常活跃,上第三系成藏条件也更为有利。

辽河断陷由于新构造运动较弱,除辽东湾滩海地区外,其他地区均以下第三系为主要含油气层,上第三系(仅限馆陶组)石油探明地质储量所占比例很小。

南堡凹陷由于临近渤海湾盆地晚期的沉积、沉降中心,新构造运动较为活跃,为上第三系油气成藏创造了条件。

受渤海湾盆地构造演化的控制,济阳拗陷各时代的沉积、沉降中心逐渐地向海域方向迁移,并控制了本区第三系含油气层系的分布。从石油探明储量的统计分析,以沙河街组石油探明地质储量最多,其次为馆陶组;而气层气探明地质储量中,上第三系几乎为下第三系的两倍,同时在第四系也发现了少量的气层气。再一次印证了新构造运动与油气成藏的密切关系。

冀中拗陷目前发现的上第三系油气比较少,这可能与前期的勘探方向有关。单从新构造活动看,本区的晚期构造运动还是比较活跃的。因此,需要进一步加强研究,以确定上第三系的勘探远景。

2.2 成藏特征

渤海湾盆地上第三系大型油气田的形成与很多地质因素有关,但上新世以来的新构造运动则起了关键作用。据地震、钻井等资料综合分析:本区上第三系油气藏主要分布于继承性活动大断层(特别是凹陷边界大断层)的下降盘逆牵引构造中(如歧口凹陷周边断裂带)。

渤海湾盆地上、下第三系油气分布具有明显的差异:沙河街组油气藏严格受生烃凹陷的控制,而馆陶组和明化镇组次生油气藏则与断裂分布有紧密关系。

渤海湾盆地上第三系油气富集因素如下:

(1)具有下第三系丰富的油源补给,长期继承性的富生烃凹陷是前提。如渤中拗陷长期发育,具东营组、沙河街组一段、二段、三段4套烃源岩,油气演化程度较高,油源充沛,是本区上第三系油气勘探的最有利地区。

(2)具有良好的储盖组合。渤海湾盆地上第三系为河流相沉积,发育大型河流-三角洲砂体,储集条件好。新构造运动引起的构造-热沉降作用使渤海海域处于馆陶组和明化镇组沉积期的汇

水区,距物源区较远^[14],泥岩发育,馆陶组、明化镇组具有良好的区域盖层,为油气聚集提供了良好的封盖条件。

(3)晚期断裂活动为油气晚期成藏提供了有利的输导系统。馆陶和明化镇时期主断层及逆牵引背斜派生的一系列张性断层,使其与深部断层相通,为油气由烃源层向浅层上第三系的运移、聚集提供了通道,成为本区浅层油气富集有利因素之一。此外,上、下第三系之间的不整合面也可作为油气运移的通道。

(4)具有新构造运动形成的各种类型的含油圈闭。渐新世以来长期继承发育的同生断层两侧的逆牵引背斜、拱升背斜、披覆背斜及反向断鼻、垒块为上第三系油气聚集提供了有利的场所。

(5)油气运移期与圈闭形成期的配置良好。上第三系形成的圈闭定形于明化镇组沉积晚期。渤海海域沙河街组烃源岩在东营组沉积时期开始排烃,到馆陶、明化镇期已全面进入生油高峰,油气运移期与圈闭形成期匹配较好,促进了渤海湾盆地浅层上第三系油气的富集。

(6)新构造运动调整、控制油气晚期成藏。新构造运动不仅促进油气的富集成藏,而且新构造运动后期的断裂活动可能对下第三系古油藏的油气产生一定的破坏作用,使其散失或重新调整,发生油气的再次运移、再次聚集而形成上第三系的次生油气藏。

新构造运动不仅使原来已聚集成藏的油气重新调整、聚集,而且使油气藏最终定型,严格控制晚期成藏油气藏的分布。

3 结论与建议

新构造运动与油气成藏具有密切关系,而渤海湾盆地的新构造运动还是很活跃的,形成许多上第三系油气藏。但由于受区域构造演化的控制以及演化的不均一性,以渤中拗陷及其周围地区的活动性最强,这些地区也是上第三系油气勘探的主要区域。

就区域展布而言,已发现的上第三系油藏主要分布在远离物源区的渤中、黄骅和济阳等3个拗陷。黄骅和济阳拗陷勘探程度很高,已发现了很多上第三系油气藏,仍然具有一定的勘探潜力,而渤中拗陷研究程度及勘探程度仍然较低,具有

(下转第184页)

有利的成藏条件。

该大型鼻状构造西侧翼部单斜区和脊部的平台区是重要的晚期成藏区,是石炭系地层圈闭及微-小幅度构造圈闭油气成藏的有利地区。

参 考 文 献

- 1 刘池洋. 后期构造改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255~ 261
- 2 赵靖舟, 李秀荣. 晚期调整再成藏——塔里木盆地海相油气藏形成的一个重要特征[J]. 新疆石油地质, 2002, 23(2): 89~ 91
- 3 汤良杰. 塔里木盆地演化和构造样式[M]. 北京: 地质出版社 1996. 74~ 111
- 4 顾家裕. 塔里木盆地石炭系层序地层学与油气[A]. 见: 顾家裕, 邓宏文, 朱筱敏. 层序地层学及其在油气勘探开发中的应用论文集[C]. 北京: 石油工业出版社 1997. 138~ 144
- 5 赵靖舟, 庞雯. 满加尔凹陷西部地区不整合分布与构造运动[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 149~ 153
- 6 赵靖舟, 田军. 满西地区构造演化史[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 108~ 113

- 7 赵靖舟, 田军, 廖涛, 等. 塔里木盆地哈得逊隆起的发现及其勘探意义[J]. 石油学报, 2002, 23(1): 27~ 30
- 8 赵靖舟, 田军. 塔里木盆地哈得 4 油田成藏年代学研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2002, 21(1): 62~ 68
- 9 刘志宏, 卢华复, 贾承造, 等. 库车再生前陆盆地的构造与油气[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 297~ 303
- 10 贾承造. 前陆冲断带油气勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 157~ 163
- 11 杨松岭, 高增海, 赵秀岐. 塔里木盆地东河砂岩层序特征与分布规律初探[J]. 新疆石油地质, 2002, 23(1): 35~ 37
- 12 张振生, 韩宇春. 塔里木盆地塔中地区东河砂岩圈闭含油气控制因素探讨[J]. 石油地球物理勘探, 2001, 36(4): 451~ 458
- 13 旷红伟, 刘丽军, 金广春. 塔里木盆地哈德 1 井区石炭系下泥岩段地层及沉积相研究[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(1): 11~ 13
- 14 郭建华, 吴智勇, 翟永红, 等. 塔中 4 井区东河砂岩段中的河口湾沉积[J]. 江汉石油学院学报, 1995, 17(4): 5~ 11
- 15 朱筱敏, 张强, 赵澄林, 等. 塔里木中部地区东河砂岩段沉积特征和沉积环境演变[J]. 地质科学, 2004, 39(1): 27~ 35
- 16 王毅, 纪友亮, 熊继辉, 等. 塔里木盆地泥盆统与石炭系层序地层分析[J]. 沉积学报, 1998, 16(2): 75~ 81

(上接第 174 页)

较好的勘探前景^[15]。

除此之外,在紧邻郯庐、沧东、埕西断裂带的地区也是上第三系勘探的有利地区。黄骅坳陷紧邻埕西断裂带的孔店构造带虽然离海域较远,但在该构造带上第三系仍发现了油气田;预测沧东断裂带的小站地区,新构造运动较为活跃,其他成藏条件也相对较好,应视为有利的勘探目标。

新构造运动也可以引起地层结构、应力场的变化,以及地震泵吸作用等,并导致油气的调整、聚集成藏。但本文尚未涉及这些问题。因此,建议对本区新构造运动与油气成藏的关系进行更深入的研究。

致谢:在本文完成过程中得到李德生院士、赵文智教授的教导,并得到大港油田研究中心许多领导和专家的大力帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 1 大港油田石油地质志编辑委员会. 中国石油地质志(卷 4): 大港油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 2 龚再升, 王国纯. 渤海新构造运动控制晚期油气成藏[J]. 石油学报, 2001, 22(2): 4~ 6
- 3 朱伟林, 王国纯. 渤海浅层油气成藏条件分析[J]. 中国海上油

气(地质), 2000, 14(6): 368~ 374

- 4 龚再升. 对中国近海油气勘探观念变化的回顾[J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(2): 73~ 80
- 5 邓运华. 渤海上第三系油藏成因机制及勘探效益探讨[J]. 中国石油勘探, 2003, 8(2): 25~ 28
- 6 米立军. 新构造运动与渤海海域上第三系大型油气田[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(1): 21~ 28
- 7 李大伟. 试论天然地震与油气成藏和开发的关系[J]. 新疆石油地质, 2003, 24(1): 19~ 23
- 8 李军, 王燮培. 渤海湾盆地构造格架及演化[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(1): 63~ 67
- 9 郭光辉, 漆家福. 黄骅盆地一级构造变换带的特征与成因[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 125~ 128
- 10 徐杰, 马宗晋, 陈国光, 等. 中国大陆东部新构造期北西向断裂带的初步探讨[J]. 地学前缘, 2003, 10(8): 193~ 198
- 11 施炜, 张岳桥, 董树文. 郯庐断裂带中段第四纪活动及其分段特征[J]. 地球学报, 2003, 24(1): 11~ 18
- 12 王同和, 李红革, 张功成, 等. 中国含油气盆地构造——渤海湾盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999
- 13 李大伟, 高修祥. 地震勘探技术亦可用于油气运移研究[J]. 石油地球物理勘探, 2001, 36(4): 499~ 507
- 14 郑长明. 中国渤海湾海滩—极浅海域油气资源潜力[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(4): 307~ 312
- 15 王子煜, 漆家福. 黄骅坳陷东部构造带新生代构造沉降史分析[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 127~ 129