

文章编号: 0253-9985(2009)04-0450-05

渤海海域郯庐断裂带对油气成藏的控制作用

万桂梅^{1,2}, 周东红³, 汤良杰^{1,2}

[1. 中国石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249 2. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249 3. 中海石油(中国)有限公司 天津分公司, 天津 300452]

摘要: 在渤海海域, 靠近郯庐断裂带的渤南和辽东湾探区的油气较富集, 而远离郯庐断裂带的渤西探区油气相对较贫, 油气藏主要围绕郯庐断裂带分布, 这些都说明了郯庐断裂带附近具有很大的油气勘探潜力。平衡剖面分析表明, 郯庐断裂带在渤海海域主要表现为古近纪伸展-新近纪走滑的构造特征, 古近纪伸展活动控制了生烃凹陷的形成, 并促进烃源岩的快速演化; 新近纪的强烈走滑作用形成了大量的构造圈闭, 并促进了油气的运移及晚期成藏。渤海海域的油气资源勘探前景乐观, 只是现今的探明程度较低。

关键词: 构造演化; 油气成藏; 郯庐断裂带; 渤海海域

中图分类号: TE121.2 文献标识码: A

Control of the Tan-Lu fault zone on hydrocarbon accumulation in the Bohai Sea waters

Wang Guimei^{1,2}, Zhou Donghong³, Tang Liangjie³

(1. Research Center for Basin and Reservoir, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. CNOOC Tianjin Company, Tianjin 300452, China)

Abstract In the Bohai Sea waters near the Tan-Lu fault zone, the Bonan and Liaodong Bay exploration areas have great potential for hydrocarbons. While apart from the Tan-Lu fault zone, the Boxi exploration area has less oil and gas. In addition, the existing discoveries are all distributed surrounding the Tan-Lu fault zone. From the above-mentioned facts, we can conclude that near the Tan-Lu fault zone, there is a great potential for hydrocarbon exploration. Balanced-cross sections show that the Tan-Lu fault zone of the Bohai Sea area shows tectonic features of extension in the Paleogene and strike-slip in the Neogene. The Paleogene extensional activities controlled the development of hydrocarbon kitchens and promoted the fast maturation of source rocks. Later, the Neogene strike-slip activities shaped many structural traps and helped the hydrocarbon migration and late accumulation. The Bohai Sea waters show great potential for hydrocarbon exploration, while to date, only a small amount of the total resources have been proved.

Key words tectonic evolution; hydrocarbon accumulation; Tan-Lu fault zone; Bohai Sea waters

中国东部的郯庐断裂带是一条油气极为富集的巨型构造带, 是中国最主要的石油产地。关于郯庐断裂带与油气的关系, 不少学者已经研究过^[1~9], 郯庐断裂带沿线发育众多的含油气盆地。这些盆地以松辽盆地和渤海湾盆地含油气资源最

为丰富, 其油气资源量大于 100×10^8 t; 探明石油地质储量 50×10^8 t 以上, 并建成目前国内几个大的油气区, 即大庆、胜利、辽河、渤海、冀东、大港等油气区。郯庐断裂带探明石油地质储量占全国探明石油总量的 75%, 产量占全国石油总产量的

收稿日期: 2009-05-05。

第一作者简介: 万桂梅(1978—), 女, 博士研究生, 石油地质和含油气盆地分析。

基金项目: 中海石油(中国)有限公司项目(SC06TJ-TQL-004)。

70%以上^[5]。近几年来还不断有新的发现,特别是蓬莱 19-3 大型油气田的发现,表明郯庐断裂带油气极为富集,有着广阔的勘探前景,而且晚期新构造运动形成了大量的油气藏^[10-11]。张功成(2000)^[3]对渤海海域各凹陷资源量进行了统计,发现油气主要生成于郯庐西坳陷(辽中-渤中-黄河口凹陷),其次为西部坳陷的歧口凹陷,这也表明富生烃凹陷的形成受深大断裂控制。

1 郯庐断裂带的基本特征

郯庐断裂带是中国东部一条重要的强构造变形带,该断裂带是地质矿产部航空物探大队于 1957 年通过航磁调查首先发现的^[12],沿断裂带存在北北东向线性升高的正磁异常。该断裂带南起湖北广济,经庐江、郾城,横穿山东中部与渤海,向北穿过东北地区进入俄罗斯远东地区,总长度达 3 500 km 以上。该断裂带切穿整个地壳达到壳-幔边界^[13],并以壳-幔边界即莫霍面为大规模走滑运动的底部拆离面,壳-幔之间是失耦的,从而断裂带没能穿过这一拆离界面而进入上地幔。该断裂带形成于中、晚三叠世^[14-18],为左行走滑断层;侏罗纪期间郯庐断裂南段表现为左旋转换断层,白垩纪开始郯庐断裂带伴随走滑平移而发生正断层活动,晚白垩世-第三纪为右旋平移断层^[19]。

渤海海域油气田主要围绕郯庐断裂带分布,典型的大型油气田如 PL19-3 油田、JX1-1 油田、JZ25-1 油田等都围绕着郯庐断裂分布。统计数据表明,渤海海域探明石油地质储量的 64%、探明天然气地质储量的 78% 都分布在郯庐断裂带沿线,大型走滑断裂对油气分布的控制作用十分明显。对渤海海域 4 个探区的探明油气地质储量进行统计分析的结果表明,石油探明储量是渤南最多、辽东湾次之、渤西最少,而天然气探明储量则是辽东湾最多、渤南次之、渤西最少。这说明郯庐断裂带附近油气非常富集,离郯庐断裂带稍远的渤西地区,油气相对较不富集。

2 郯庐断裂带的演化

郯庐断裂带经历了多期构造演化过程(图 1),沙(河街组)三段-孔店组沉积时期,郯庐断裂

是正断层性质,大量正断层形成垒、堑相间的构造格局。沙二段-东营组沉积时期,断裂继续伸展活动,但规模不大,盆地整体沉降,凸起上也被地层全部覆盖。馆陶组沉积时期,东部郯庐断裂开始发生走滑活动,剖面上可见莱州东支 1 号断层和莱州东支 2 号断层形成花状构造,莱州东支 2 号断层具有明显的压扭特征,地层拱起形成压扭背斜,造成馆陶组顶薄翼厚;西部断层继续小规模伸展活动,渤中坳陷此时为渤海湾地区的沉降中心,沉积了巨厚的馆陶组。明化镇期-第四纪,郯庐断裂持续走滑活动,在走滑作用的影响下浅层形成大量的小断层。

总体上,郯庐断裂带在古近纪以伸展活动为主,新近纪以走滑活动为主。

3 郯庐断裂带的控油气作用

3.1 郯庐断裂控制烃源岩分布及演化

渤海海域的三大富生烃凹陷(辽中、渤中和黄河口凹陷)均沿郯庐断裂带发育,说明郯庐断裂带对烃源岩的分布具有重要的控制作用。

深部地质特征研究表明,郯庐断裂带向下切入地幔使得岩浆上涌,为烃源岩的演化提供了大量的热源,促进了烃源岩的快速演化。从渤海湾至辽东湾存在 3 条地幔隆起带(图 2),即歧口凹陷地幔隆起带、辽东湾-渤中-济阳坳陷地幔隆起带和渤中凹陷南部的北北东向地幔隆起带。这 3 条地幔隆起带交汇于渤中坳陷下面的地幔上隆高点上,对渤中凹陷的烃源岩演化起到明显的促进作用。盆地热史恢复研究表明^[20-21],渤海盆地在古近纪沙河街组和东营组沉积时期(25~50 Ma)曾经历较高(70~90 mW/m²)的热流阶段,这促进了沙河街组和东营组烃源岩的热演化。

3.2 郯庐断裂带控制圈闭形成

走滑断裂带主断层两侧强烈挤压,纵向上向上撒开生长,上盘易形成断背斜圈闭,下盘易形成断块圈闭,这些圈闭往往是油气富集的最有利场所。此外,走滑断层的应力释放区往往是油气富集的地区。

受郯庐断裂带影响,渤中地区的构造应力场曾发生过多期变化,并形成了多期反转构造。正

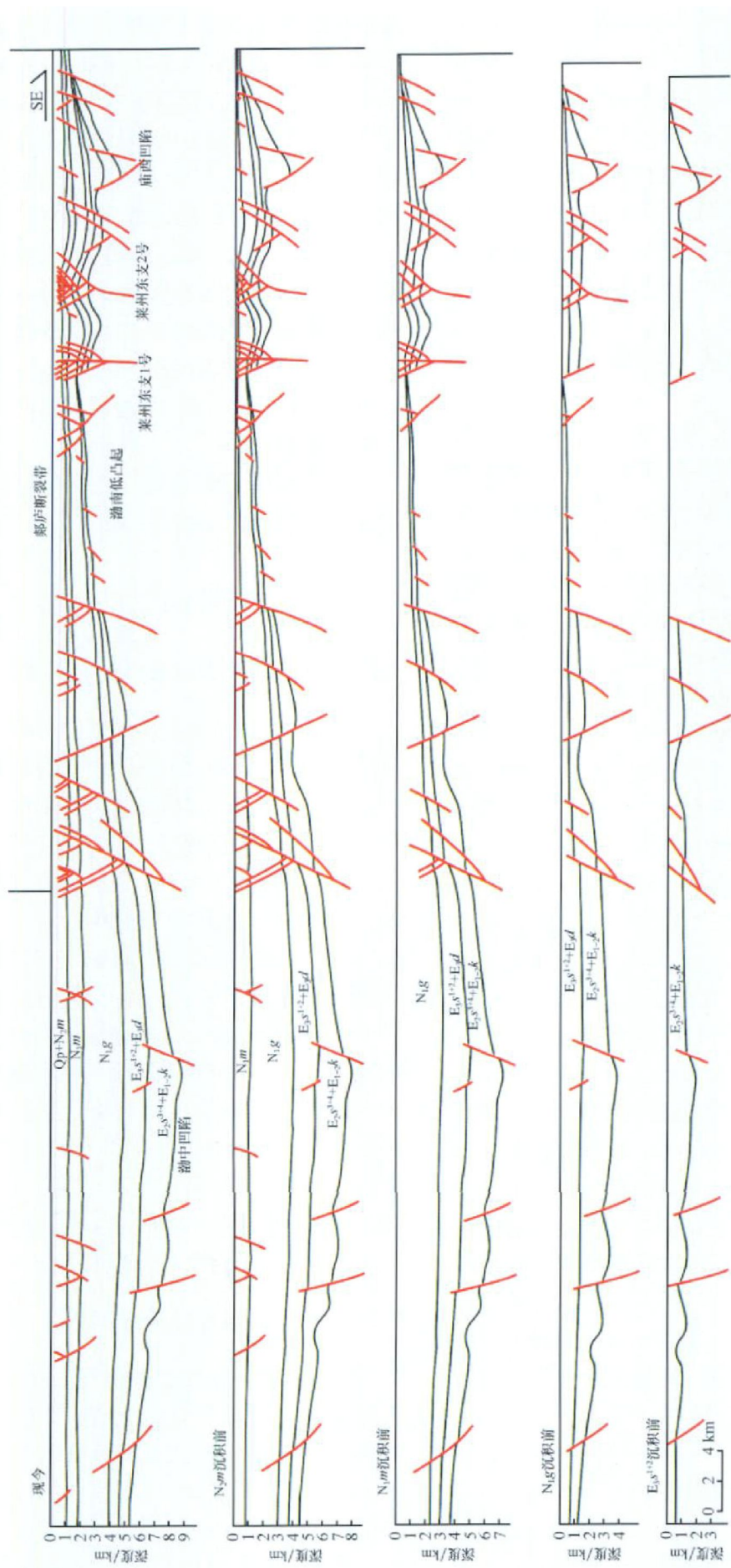


图 1 渤海海域某测线平衡剖面演化
Fig.1 Balanced-cross section along a line in the Bohai Sea waters



图 2 渤海及邻区的地壳特征^[22]

Fig. 2 Crust characteristics in the Bohai Sea and its adjacent areas^[22]

因为有了反转作用,使得许多断陷期形成的披覆背斜、滚动背斜的构造幅度得到了进一步“强化”,增加了圈闭的评价价值。沿郯庐断裂带东支发育有大量的反转构造群,如 KL17-1、PL25、PL19、PL14-3、PL13、PL2和 LD27等构造。

郯庐断裂带晚期强烈活动也形成了一系列构造圈闭。古近纪为张性生长断层;新近纪时剪切作用增强,郯庐断裂带表现为右旋张扭性断层,伴随着张扭性断裂活动形成一系列张扭性断裂背斜圈闭(图 3)。在断层转折处,压扭应力作用形成压扭性断裂背斜圈闭,如蓬莱 25-6 构造即为郯庐断裂带的压扭作用形成的断背斜构造(图 4)。张扭性断裂活动诱发古近系塑性地层上拱,形成底辟背斜圈闭(图 5)。

3.3 郯庐断裂带控制油气运移

郯庐断裂带的主干断裂相对直立,断面较陡,并向上分散,形成花状构造。主干断层可作为油气运移通道,将油气输送到浅层构造内,在负花状构造的上升盘中形成高产油气藏。油气可以简单

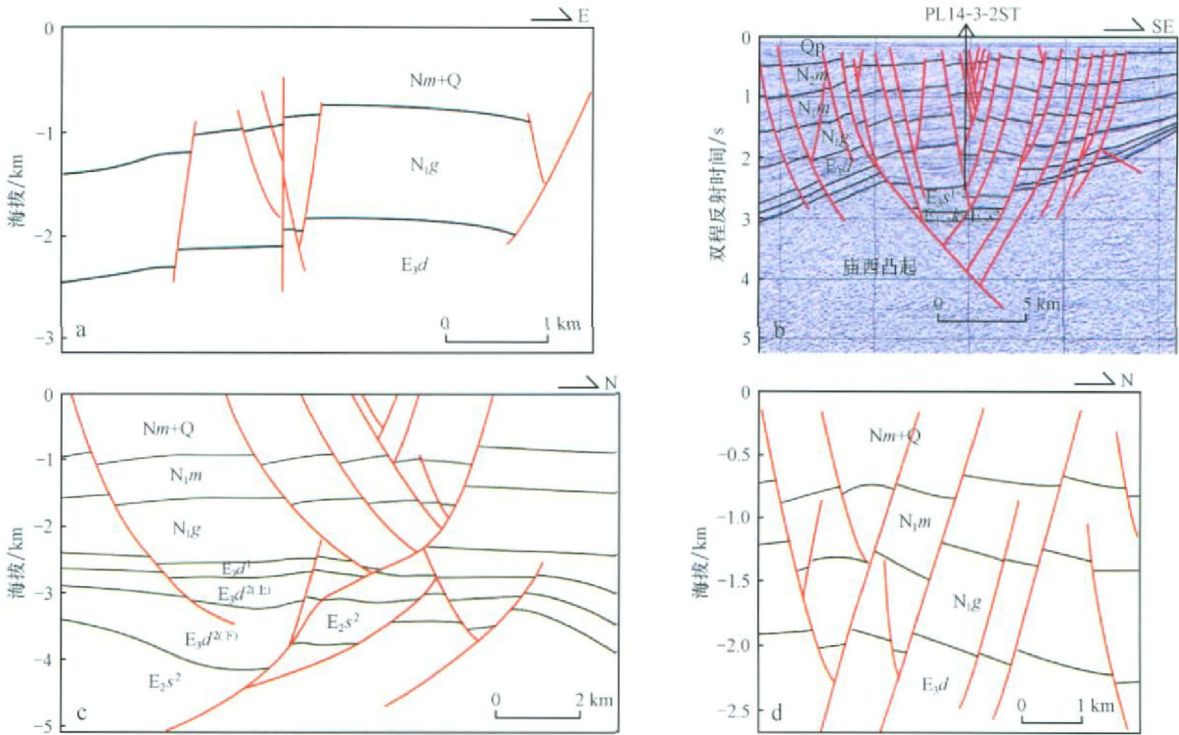


图 3 张扭作用形成的断背斜构造

Fig. 3 Faulted anticlines shaped by transtensional activities
a. PL19-3 构造; b. PL14-3 构造; c. BZ25-1S 构造; d. PL-19-9 构造

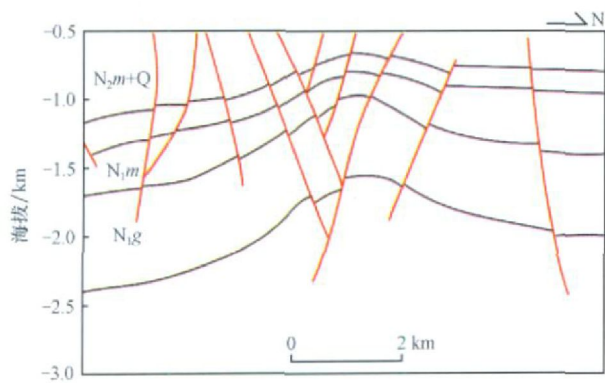


图 4 PL25-6 构造剖面

Fig. 4 Section of structure PL25-6

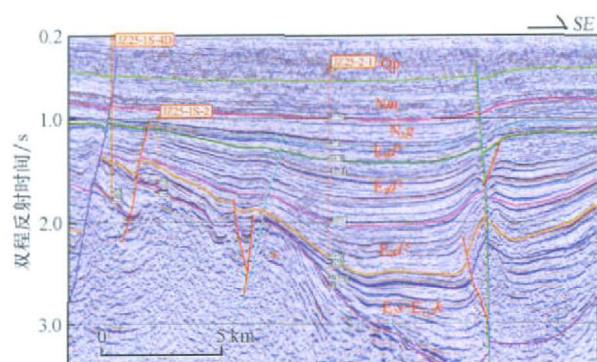


图 5 走滑泥底辟构造地震剖面解释

Fig. 5 Strike-slip mud diapiric structure on a seismic section

地沿主断裂面直接垂向运移至浅层,也可以在深部沿主断裂面运移,在浅部沿向上分散的断层呈分支状运移,形成油气运移疏导网,在断裂带周边的浅层圈闭中聚集成藏,如 PL19-3 QHD32-6 CFD11-1, BZ25-1 和 CFD12-1 等油气田。

郯庐断裂带晚期强烈活动促进了油气的晚期运移和再分配。继承早期张性断层面的晚期再活动大断层,沟通了烃源层和储层,是晚期成藏的重要运移通道。晚期形成的大量构造圈闭与晚期沿断层运移的油气相匹配,是晚期成藏的关键。

4 结论

1) 统计分析表明,富生烃凹陷一般分布在郯庐断裂的中段和北段,南段较少;而且在已发现的油田中,郯庐断裂带及其附近的油田油气资源量丰富,离郯庐断裂带较远的油田油气资源量相对较低。在渤海海域,靠近郯庐断裂带的渤南和辽东湾探区的油气较富集,而远离郯庐断裂带的渤西探区油气相对较不富集。这些都说明了郯庐断

裂带附近具有很大的油气勘探潜力,渤海海域的油气资源勘探前景乐观;只是现今的探明程度较低。

2) 郯庐断裂带在渤海海域主要表现为古近纪伸展-新近纪走滑的构造特征。古近纪伸展活动控制了生烃凹陷的形成,并且使得岩浆上涌,为烃源岩的演化提供了大量的热源,促进了烃源岩的快速演化;新近纪的强烈走滑作用形成了大量的构造圈闭,并且主干走滑断层作为油气运移的通道沟通深部油源与浅层构造圈闭,使得油气得以晚期成藏。

参 考 文 献

- 1 严俊君,马前贵.渤海海域的郯庐断裂带及含油气盆地的发育[J].地球科学,1992,17(1):31~38
- 2 刘前志,冯杏芝,张洁,等.郯庐断裂带地球物理场特征、地质演化及对油气的控制[J].石油地球物理学报,1997,32(S2):1~10
- 3 张功成.渤海海域构造格局与富生烃凹陷分布[J].中国海上油气(地质),2000,14(2):93~98
- 4 邓运华.郯庐断裂带新构造运动对渤海东部油气聚集的控制作用[J].中国海上油气(地质),2001,15(5):301~305
- 5 张云银.郯庐断裂带构造特征及油气分布规律[J].油气地质与采收率,2002,9(6):22~25
- 6 张云银.郯庐断裂带含油气性研究[J].石油实验地质,2003,25(1):28~32
- 7 杨占宝.郯庐断裂带中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
- 8 龚再升,蔡东升,张功成.郯庐断裂对渤海海域东部油气成藏的控制作用[J].石油学报,2007,28(4):1~10
- 9 邓津辉,周心怀,魏刚,等.郯庐走滑断裂带活动特征与油气成藏的关系——以金县地区为例[J].石油与天然气地质,2008,29(1):102~106
- 10 龚再升.中国近海含油气盆地新构造运动和油气成藏[J].石油与天然气地质,2004,25(2):133~138
- 11 王庭斌.中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J].石油与天然气地质,2004,25(2):127~132
- 12 张用夏,李卢玲.郯庐断裂带的平移及其对邻区构造的影响[A].构造地质论丛(3)[C].北京:地质出版社,1984:1~8
- 13 朱光,宋传中,牛漫兰,等.郯庐断裂带的岩石圈结构及其成因分析[J].高校地质学报,2002,8(3):248~256
- 14 万天丰.郯庐断裂带的演化与古应力场[J].地球科学,1995,20(5):526~534
- 15 万天丰.郯庐断裂带的延伸与切割深度[J].现代地质,1996,10(4):518~525
- 16 万天丰,朱鸿,赵磊,等.郯庐断裂带的形成与演化:综述[J].现代地质,1996,10(2):159~168
- 17 万天丰,朱鸿.郯庐断裂带的最大左行走滑断距及其形成时期[J].高校地质学报,1996,2(1):14~27

(下转第 461 页)

- 2 陆克政, 漆家福, 戴俊生. 渤海湾新生代含油气盆地构造模式 [J]. 北京: 地质出版社, 1997. 251
- 3 汤良杰, 万桂梅, 周新怀, 等. 渤海海域新生代构造演化 [J]. 高校地质学报, 2008, 14(2): 191~198
- 4 侯贵廷, 钱祥麟, 蔡东升. 渤海中-新生代盆地构造活动与沉积作用的时空关系 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 201~206
- 5 Xiao H, Suppe J. Origin of rollover [J]. AAPG Bulletin, 1992, 76: 509~529
- 6 葛建党. 郯庐断裂在渤中凹陷的构造特征与油气成藏的关系 [J]. 海洋石油, 2001, (1): 14~20
- 7 刘和甫, 李晓清, 刘立群, 等. 伸展构造与裂谷盆地成藏区带 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 537~552
- 8 漆家福, 王德仁, 陈书平, 等. 兰聊断层的几何学、运动学特征对东濮凹陷构造样式的影响 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 451~459
- 9 邓津辉, 周心怀, 魏刚, 等. 郯庐走滑断裂带活动特征与油气成藏关系——以金县地区为例 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 102~105
- 10 Rowan M G, Kligfield R. Cross section restoration and balancing as aid to seismic interpretation in extensional terranes [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(8): 955~966
- 11 White N J, Jackson J A, McKenzie D P. The relationship between the geometry of normal faults and that of the sedimentary layers in their hanging walls [J]. Journal of Structural Geology, 1986, 8: 897~909
- 12 Gibbs A. Development of extension and mixed-mode sedimentary basins in continental extensional tectonics [A]. In Cowar M P, Dewey J F, Hancock P L, eds Geological Society Special Publication London, 1987, 28: 19~33
- 13 Williams G, Vann I. The geometry of listric normal faults and deformation in their hanging walls [J]. Journal of Structural Geology, 1987, 9: 789~795
- 14 Withjack M O, Galloway S. Active normal faulting beneath a salt layer: an experimental study of deformation patterns in the cover sequence [J]. AAPG Bulletin, 2000, 84(5): 627~651
- 15 余一欣, 周心怀, 汤良杰, 等. 渤海海域莱州湾凹陷 KL112 地区盐构造特征 [J]. 地质学报, 2008, 82(6): 731~737
- 16 Lee T Y, Lawver L A. Cenozoic plate reconstruction of southeast Asia [J]. Tectonophysics, 1995, 251: 85~138
- 17 Engbreton D C, Cox A, Gordon R G. Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific basin [J]. The Geological Society of America Special Paper, 206, 1985: 1~59
- 18 马杏垣, 刘和甫, 王维襄, 等. 中国东部中-新生代裂陷作用和伸展构造 [J]. 地质学报, 1983, 57(1): 22~32
- 19 漆家福, 张一伟, 陆克政, 等. 渤海湾新生代裂陷盆地的伸展模式及其动力学过程 [J]. 石油实验地质, 1995, 17(4): 316~323
- 20 Maruyama S, Isozaki Y, Kimura G, et al. Paleogeographic maps of the Japanese Islands: plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present [J]. Island Arc, 1997, 6: 121~142
- 21 汤良杰, 贾承造, 皮学军, 等. 库车前陆褶皱带盐相关构造样式 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33(1): 38~46
- 22 Zhou J X, Xu F Y, Wang T C, et al. Cenozoic deformation history of the Qaidam basin, NW China: results from cross-section restoration and implications for Qinghai-Tibet tectonics [J]. Earth and Planetary Science Letters, 2006, 243: 195~210
- 23 彭文绪, 周心怀, 彭刚, 等. 渤海海域油气藏特征统计分析 [J]. 中国海上油气, 2008, 20(1): 18~21

(编辑 李 军)

(上接第 454 页)

- 18 Mercier J L, Hou M in jing, Vergé P, et al. Structural and stratigraphical constraints on the kinematics history of the Southern Tan-Lu Fault Zone during the Mesozoic, Anhui Province, China [J]. Tectonophysics, 2007, 439(1~4): 33~66
- 19 陈宣华, 王小凤, 张青, 等. 郯庐断裂带形成演化的年代学研究 [J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(3): 215~220
- 20 胡圣标, 张容燕, 罗毓晖, 等. 渤海盆地热历史及构造-热演化特征 [J]. 地球物理学报, 1999, 42(6): 748~755
- 21 Hu Shengbiao, O'Sullivan P B, Raza A, et al. Thermal history and tectonic subsidence of the Bohai Basin, northern China: a Cenozoic rifted and local pull-apart basin [J]. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 2001, 126(3~4): 221~235
- 22 薄景山, 陶夏新, 周宏. 渤海裂谷系的形成和演化 [J]. 东北地震研究, 1996, 12(3): 7~14

(编辑 李 军)