

文章编号: 0253-9985(2011)02-0259-06

辽河盆地中央凸起南部海外河地区构造演化特征

刘 斐

(中国石油 辽河油田分公司 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 根据走滑作用的强弱, 将盆地内沉积分为后走滑层序、同走滑层序和前走滑层序。后走滑层序受走滑活动影响可以忽略, 按照一般的平衡方法进行恢复; 同走滑层序和前走滑层序可根据断层两侧厚度趋势分别给予补偿, 使断层两侧断距经补偿恢复协调后按一般的平衡方法进行恢复。通过海外河地区走滑盆地定量平衡恢复, 获得了该地区中- 新生代构造演化过程的直观认识。从中生代开始伸展裂陷, 新生代进一步张裂并发展成为大型的裂谷型盆地。沙河街组一段、二段沉积时期开始逐渐遭到 NE 向右行走滑改造, 东营组沉积后盆地再次遭受较为强烈的剥蚀, 基本结束了盆地的伸展裂陷历史。最后综合海外河地区石油地质特征, 探讨了海外河地区油气成藏模式及下一步重点勘探研究方向。

关键词: 走滑作用; 平衡剖面恢复; 构造演化; 海外河地区; 辽河盆地

中图分类号: TE121.2 **文献标识码:** A

Characteristics of structural evolution in Haiwaihe area , the southern part of the Central Salient in the Liaohe Basin

Liu Fei

(CNPC Liaohe Oilfield Company , Panjin , Liaoning 124010 , China)

Abstract: Sedimentary system in the Liaohe Basin could be divided into pre-strike-slip sequence , syn-strike-slip sequence , and post-strike-slip sequence according to the strength of strike-slip activities. The post-strike-slip sequence , which was slightly influenced by the strike-slip activities , could be restored by traditional methods of balanced cross-section. By contrast , the syn- and pre- strike-slip sequences , significantly controlled and influenced by the strike-slip activities , have to be restored with different thickness on both sides of the fault to balance the volume in two-dimension. The quantitative balanced cross-section restoration of the strike-slip basin reveals the structural evolution process of the study area during the Mesozoic and Cenozoic. Balanced cross sections in Haiwaihe area show that the Liaohe Basin underwent progressively extension and depression during the Mesozoic , and evolved into a rift basin in the Cenozoic. The basin was modified by the NE-trending dextral strike-slip during the deposition of the first and second members of Shahejie Formation , and was uplifted and eroded again after the deposition of the Dongying Formation. Finally , based on a comprehensive analysis of the petroleum geological characteristics in Haiwaihe area , this paper discusses the model of hydrocarbon accumulation and prospects for exploration.

Key words: strike-slip activity , balanced cross-section restoration , structural evolution , Haiwaihe area Liaohe Basin

海外河地区位于辽河盆地中央突起南端倾末端南端、大洼断层走向转折处(图 1) , 西接清水洼陷, 东临二届沟洼陷, 南至辽东洼海岸线, 勘探面积为 260 km²。1969 年开始钻探, 发现了太古界、中生界、新生界的房身泡组、沙河街组三段、沙河街组一

段、东营组及馆陶组等 7 套含油层系, 石油地质储量 0.45 × 10⁸ t。1989 年正式开发, 目前油田处于高含水后期, 储量接替成为制约油田发展的瓶颈。因此, 深化区域构造演化研究及构造控藏分析对今后海外河地区的勘探增储具有重要作用。

1 走滑盆地中平衡剖面恢复方法

平衡剖面技术是定量化研究盆地构造发育史的最有效方法之一,被国内外广泛应用在挤压、伸展等不同构造属性的沉积盆地的构造发育恢复之中^[1-4],取得了良好的效果,它不但验证了地震构造解释的合理性、再现盆地的详细演化历史,而且提供了一种可贵的构造地质学定量化的工具。然而,由于海外河地区位于大洼区域性走滑断层下盘,使得“物质不存在大规模走向迁移”这一平衡剖面的基本假设难以严格满足。因此为克服包含走滑剖面的平衡恢复问题,采用了以下方法^①。首先,根据走滑活动影响强弱,将盆地内沉

积分为后走滑层序、同走滑层序和前走滑层序。后走滑层序指的是走滑活动减弱或停止之后沉积的地层,它往往不整合覆盖在下伏地层之上,走滑活动对其基本没有影响。辽河盆地中的后走滑层序指的是馆陶组至第四系这套拗陷沉积。同走滑层序是指强走滑作用期间沉积地层,走滑活动对其影响从上到下逐渐加强,最顶部层序对应于走滑活动结束时的沉积,其变形强度和后走滑层序相当,辽河盆地中同走滑活动相当于沙河街组一、二段和东营组。前走滑层序指的是走滑活动之前就已经存在的地层,走滑活动影响最大,其形变强度和同走滑层序最底部相当,辽河盆地前走滑层序是指沙河街组三段及其之前沉积地层。

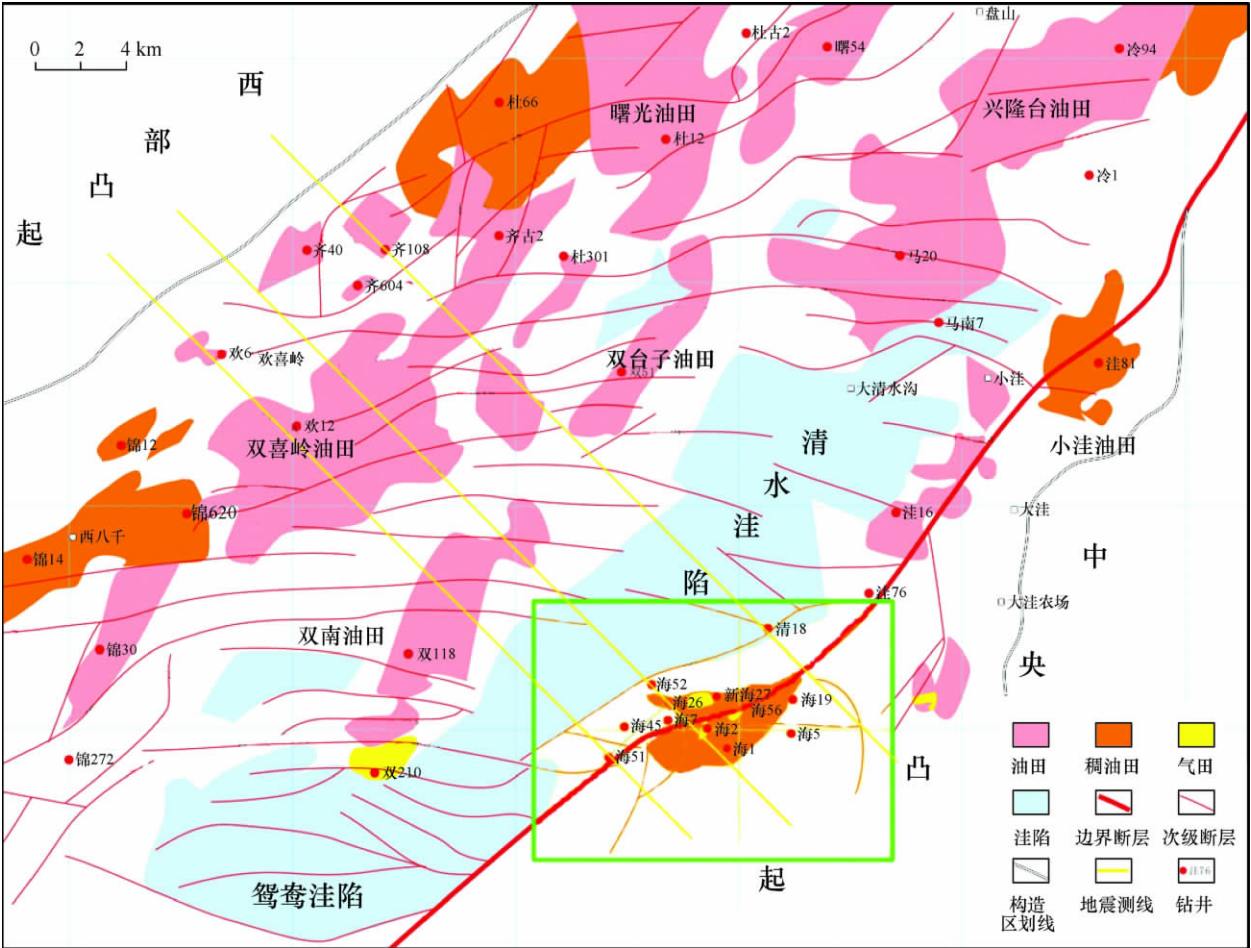


图 1 辽河盆地海外河地区构造地质略图

Fig. 1 Structural and geologic sketch map of Haiwaihe area, the Liaohe Basin

① 张庆龙. 海外河油田构造演化研究及海 35 断层周边成藏潜力分析. 辽河油田公司 2009.

其次,对后走滑层序、同走滑层序、前走滑层序采用不同的方法进行恢复。后走滑层序受走滑活动影响可以忽略,按照一般的平衡方法进行恢复。走滑断层造成的断层效应在同走滑层序中会出现断层两侧地层厚度不一致的情况,但由于断面两侧滑动是相对的,可以假设只有一盘在滑动而对盘保持稳定,根据稳定盘的地层厚度对滑动盘厚度做相应的补偿或者剥蚀,使两盘地层厚度相匹配,使之在地质上保持合理性。假设前走滑层序沿断层走向不存在地层厚度变化,经过同走滑层序的恢复,前走滑层序顶面在断面两侧应该没有断距,这也可以用来检验同走滑层序恢复的合理与否;若前走滑层序在断面两侧厚度不一致,即仍有断距存在,说明该走滑断层是在先存在断层的基础上再活动;若断层两侧厚度一致,则说明该走滑断层在前走滑层序沉积时期并不存在或隐伏而未活动。这样前走滑层序的恢复也回到一般的平衡剖面制作上。

如果不存在同走滑层序,即走滑活动是在暴露条件下进行的,这时走滑活动必先造成前走滑层序的剥蚀,可根据断层两侧厚度趋势分别给予补偿。如果前走滑层序沿断层走向不存在厚度变化,则补偿恢复后断层两侧断距应该协调,否则,可以应用上述恢复同走滑层序的方法对其进行估计,使其恢复到地质合理的状态。

2 海外河地区平衡剖面恢复及构造演化研究

从解释的地震剖面构造形态来看(图2),海

外河地区所在的西部凹陷是在大洼断层控制下发育的典型箕状半地堑,中生界至东营组的同裂陷层序呈楔形,靠近大洼断层处厚度最大,向西部斜坡上逐渐变薄甚至尖灭。大洼断层为一条复杂的长期活动的同沉积断层,其总体为一条向NW倾斜的犁式断层,断层倾角上部向下逐渐变缓,至剖面深部几乎趋于水平。从平衡剖面演示的构造发育变化可以看出(图3),该断层早期为单一的犁式断层,控制中生界至沙河街组三段的沉积,至沙河街组一段、二段沉积时期,断层发生分叉,变为两条与早期断层倾向一致但倾角不同的主干断层,并派生出若干条次级断层,这些次级断层大多数倾角与主断层相同,属于同向调节断层(图3)。通过平衡剖面的恢复并结合板块活动理论可将海外河地区构造活动分为中生代裂陷期、新生代裂陷期及新生代拗陷期3个时期。

2.1 中生代伸展裂陷期

古近纪时期太平洋板块以NW-NNW向向欧亚大陆东缘俯冲,弧后地区处于强烈的扩张背景,俯冲带相对于中生代古太平洋板块向东发生迁移,使得弧后伸展中心也随之东移至辽河盆地一线,整个郯庐断裂带在这一时期发生广泛裂陷活动,形成“郯庐裂谷系”,辽河盆地是这一裂谷系中伸展强度相对较大的地区。

从恢复后的剖面构造形态看,辽河盆地这一时期属于“多米诺式”正断层控制下的半地堑盆地,大洼断层此时就已经是一条边界断层,控制着盆地沉积。从恢复的数据看,西部凹陷此阶段伸展量为3.4 km,有效伸展率是12.9%,平均伸

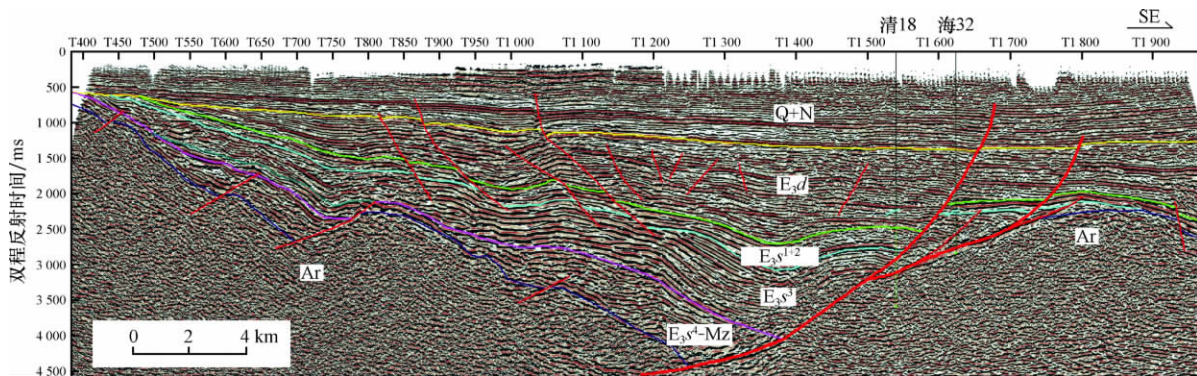


图2 辽河盆地海外河地区西部凹陷 L1563 测线地震剖面

Fig. 2 L1563 seismic section in the Western Sag of Haiwaihe area the Liaohe Basin

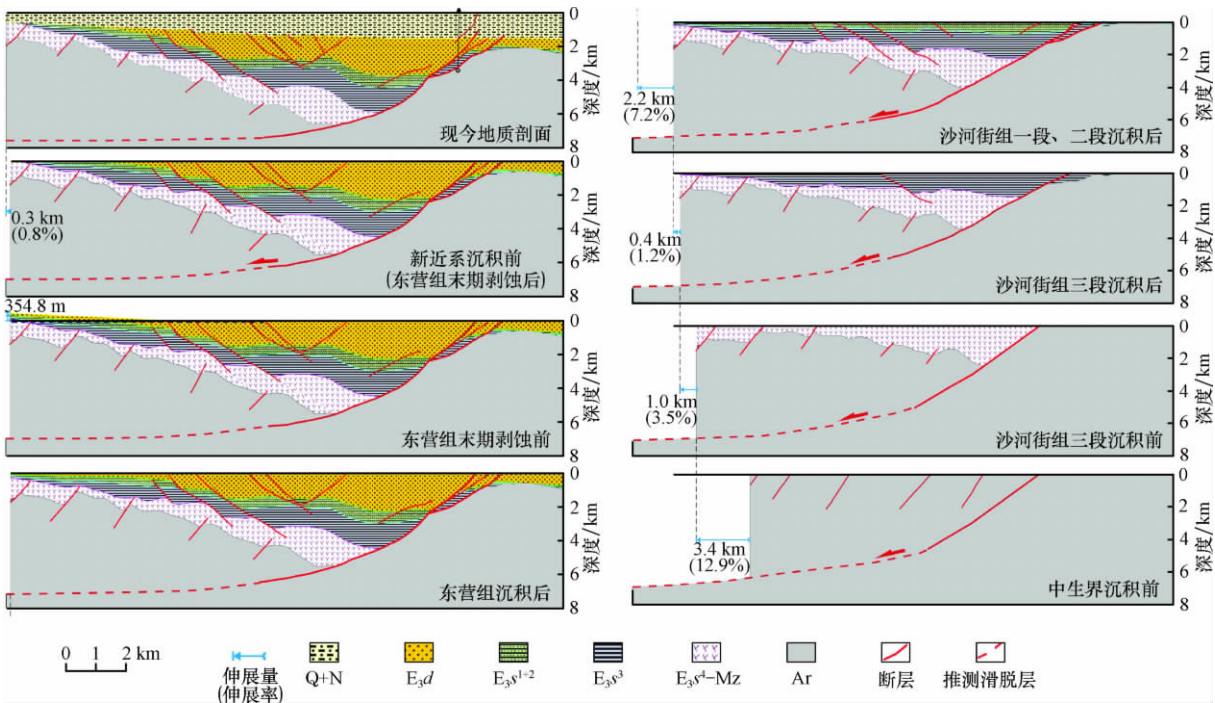


图 3 辽河盆地海外河地区构造发育史平衡地质剖面

Fig. 3 Structural evolution of Haiwaihe area , the Liaohe Basin

展速率约 0.07 km/Ma。由此可见中生界伸展量和伸展速率均较大,几乎占到剖面伸展量和伸展率的一半,即与新生代裂谷期伸展量相当,伸展作用相当强烈。

2.2 新生代裂陷期

始新世晚期至渐新世,太平洋板块向欧亚板块俯冲方向的转变,整个渤海湾盆地内部应力场由 EW 向拉张改变为挤压作用,在近 EW 向缩短作用下使 NNE-NE 走向的郯庐断裂发生右行走滑^[5-14],并由此在辽河盆地东部凹陷形成一系列雁行小背斜,而在西部凹陷发育大量近 EW 向的正断层。大洼断层作为郯庐断裂带的延伸,这一时期也表现出明显的右行走滑活动。辽河盆地西部凹陷从沙河街组一段、二段沉积时期开始出现右行走滑活动,并逐渐加强,至东营组沉积末期走滑活动最为强烈。海外河地区处于大洼断层带内,沙河街组一段、二段-东营组沉积时期断裂的成因及性质与 NE 向的郯庐断裂带右行走滑-伸展活动相适应。这一时期又可进一步划分为初始裂陷、快速伸展、伸展-走滑改造 3 个时期。

2.2.1 初始裂陷期

以房身泡组碱性玄武岩大规模喷发为标志,玄武岩分布受深大断裂的控制,其厚度则与古地形有关,是辽河盆地进入新生代裂谷阶段的标志。

2.2.2 快速伸展期

沙河街组三段沉积期是西部凹陷继中生代伸展裂陷之后又一期强烈的伸展期,此时大洼断层强烈活动,由原先平面正断层演化为一组犁式断层,控制了西部凹陷巨厚的沙河街组三段沉积,厚度 1 500 m。由于犁式断层活动导致盆地基底的挠曲,沉积厚度远离主断层逐渐变薄,同时使断层上盘出现反向调节断层。这一时期西部凹陷湖盆发生了明显的水进过程,湖盆不断加深,在湖盆中心沉积了巨厚的暗色泥岩,但由于距物源近,碎屑颗粒较粗,分选性和磨圆度较差,生烃和储集能力有限。从恢复后的伸展数据来看,西部凹陷这阶段伸展量为 1 km,有效伸展率为 3.5%,伸展速率为 0.2 km/Ma,拉张速率明显大于中生代,说明盆地新生代伸展是以快速拉张为特征。

2.2.3 伸展-走滑改造期

从沙河街组一段、二段沉积时期开始,辽河盆地内部断层出现走滑活动,至东营组沉积末期走滑强度达到最大,在该剖面的表现为大洼断层向上发生分叉,发育为两条主干断层,并派生出一系列次级同向调节断层,在剖面上构成“树枝状”或者“负花状”构造,共同控制海外河地区的沉积。这些次级断层走向近EW向,是在大洼断层右行走滑派生出EW向张性裂缝的基础上发育起来的,它们的形成是西部凹陷出现走滑活动的标志。具体来说,沙河街组一段、二段仍以伸展沉降为主,但伸展活动比沙河街组三段时期弱,西部凹陷伸展量为0.4 km,有效伸展率为1.2%,伸展速率也相对较小,为0.12 km/Ma。东营组沉积期扩张扭曲活动逐渐加强,上述派生构造强烈活动,派生出新的小断层,它们共同控制了巨厚的东营组沉积,厚度甚至超过沙河街组三段,整个西部凹陷的伸展量为2.2 km,有效伸展率为7.2%,几乎是沙河街组三段沉积时期的两倍,由于东营组沉积时间较长,盆地伸展速率为0.21 km/Ma,与沙河街组三段沉积时期相当。

值得指出的是,大洼断层走滑作用对盆地构造形成与性质起到重要控制作用,但沙河街组一段、二段-东营组沉积时期辽河盆地仍处于裂谷期,NW-SE向的伸展作用仍相当强烈,因此辽河盆地这一时期应该属于走滑伸展盆地,这也解释了大多数具有走滑性质的断层在剖面上仍表现为正断层的事实。

2.3 新生代拗陷期

东营组沉积结束之后,辽河盆地存在较长时间的抬升暴露、风化剥蚀,形成明显的角度不整合面。从剖面上可以看出西部凹陷斜坡剥蚀量最大,东营组末期剥蚀总量达354.8 m。此后盆地进入统一的热沉降阶段,构造活动大幅度减弱,大洼断层及其大多数派生次级断层的扭张性活动逐渐减弱直至停止活动,最终被第四系沉积覆盖。虽然凹陷期较裂谷期剖面伸展量大大减小,但西部凹陷各个地区差异性仍很明显,海外河地区相对其他地区仍较强烈,盆地伸展量为0.3 km,有效伸展率为0.8%,平均伸展速率为0.01 km/Ma。

综上所述,海外河地区所在的辽河盆地西部

凹陷中南部经历了较为复杂的构造活动历史。该区从中生代开始伸展裂陷,经历了长时间的暴露剥蚀之后,新生代进一步张裂,发展成为大型的裂谷型盆地,沉积了巨厚的沙河街组三段暗色泥岩,沙河街组一段、二段沉积时期开始逐渐遭到NE向右行走滑改造,使盆地构造复杂化,至东营组沉积之后,盆地再次遭受较为强烈的剥蚀,基本结束了盆地的伸展裂陷历史,新近纪至第四纪盆地冷却凹陷。

3 海外河地区油气成藏模式

清水洼陷内沉积的巨厚沙河街组三段、四段暗色泥岩累计厚度超过2 000 m,且生烃能力强,在沙河街组一段、二段沉积时期成熟并开始排烃,到东营组二段时期达到排烃高峰。多通道的运移使得海外河地区油气平面分布面积大。大洼断层长期处于活动状态,清水凹陷排烃时期正是其右行走滑拉分作用时期,因此成为流体运移的良好通道,洼陷排出的烃类通过次级断层及不整合面进行再分配。

海外河地区自上而下发育多套储集层,其中东营组三角洲砂体是该区常规储层,90%以上的油气均产于此段。海外河古潜山在沙三沉积时期开始逐渐被埋藏,不整合面在沙河街组三段排烃时期可作为良好的运移通道,其边界与大洼断层相通,或直接与清水洼陷烃源岩相接触,并且其形态北高南低向西南方向缓倾,有利于油气向潜山构造高点运移,进入圈闭聚集后便可形成一定规模的油气藏。

4 结论与建议

1) 平衡剖面恢复的本质是通过几何学法则对构造变形进行恢复,提供一种最符合地质思维或满足现有地质数据的模式化构造发展史。走滑活动虽然使剖面面积并不守恒,但是可以根据地质学模式对其进行补偿,再应用几何学法则对其进行恢复。对辽河盆地这样的走滑改造盆地的构造发展史复原过程具有重要意义。

2) 清水凹陷和大洼断层为海外河油田提供了丰富的油源和良好的运移通道,使其成为一高丰度油气田,20年来的高效开发为辽河油田年产

稳定在 $1\,000 \times 10^4$ t 以上起到了重要作用。深层潜山裂缝型油藏^[15]、浅层断块油藏将是下步勘探开发的重要目标^[16-18], 储层发育状况及成藏后断层封闭作用是下步需要研究的重点内容。

致谢: 本文得到南京大学张庆龙教授指导和帮助, 在此表示衷心感谢!

参 考 文 献

- [1] 颜丹平, 田崇鲁, 孟令波, 等. 伸展构造盆地的平衡剖面及其构造意义——以松辽盆地南部为例[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2003, 28(3): 275-280.
Yan Danping, Tian Chonglu, Meng Lingbo, et al. Balanced geological section for extensional tectonic basin and its implication: an example from Southern Songliao basin [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2003, 28(3): 275-280.
- [2] 汤济广, 梅廉夫, 沈传波, 等. 平衡剖面技术在盆地构造分析中的应用进展及存在的问题[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(6): 19-22.
Tang Jiguang, Mei Lianfu, Shen Chuanbo, et al. Advances and problems in the application of balanced cross-section technique in structure studies of basins [J]. Petroleum Geology and Recovery efficiency, 2006, 13(6): 19-22.
- [3] 毕素萍, 张庆龙, 王良书, 等. 松辽盆地宾县凹陷平衡剖面恢复及构造演化分析[J]. 石油实验地质, 2008, 30(2): 203-206.
Bi Suping, Zhang Qinglong, Wang Liangshu, et al. Balanced cross-section restoration and tectonic evolution analysis in the Binxian Sag, the Songliao basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(2): 203-206.
- [4] 余一欣, 汤良杰, 殷进垠, 等. 应用平衡剖面技术分析库车坳陷盐构造运动学特征[J]. 石油学报, 2008, 29(3): 378-382.
Yu Yixin, Tang Liangjie, Yin Jinyin, et al. Analysis on kinematic characteristics of salt structures in Kuqa Depression by using balanced section technology [J]. Acta petrolei sinica, 2008, 29(3): 378-382.
- [5] 许浚远, 张凌云. 欧亚板块东缘新生代盆地成因: 右行剪切拉分作用[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 187-191.
Xu Junyuan, Zhang Lingyun. Genesis of Cenozoic basins in the eastern margin of Eurasia Plate: dextral Pulling-apart [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(3): 187-191.
- [6] 朱光, 王道轩, 刘国生, 等. 郯庐断裂带的伸展活动及其动力学背景[J]. 地质科学, 2001, 36(3): 36-38.
Zhu Guang, Wang Daoxuan, Liu Guosheng, et al. Extensional activities along the Tan-Lu fault zone and its geodynamic setting [J]. Scientia Geologica Sinica, 2001, 36(3): 36-38.
- [7] 张鹏, 王良书, 钟锴, 等. 郯庐断裂带的分段性研究[J]. 地质论评, 2007, 53(5): 26-29.
Zhang Peng, Wang Liangshu, Zhong Kai, et al. Research on the segmentation of Tancheng-Lujiang fault zone [J]. Geological Review, 2007, 53(5): 26-29.
- [8] 张岳桥, 董树文. 郯庐断裂带中生代构造演化史: 进展与新认识[J]. 地质通报, 2008, 27(5): 54-61.
Zhang Yueqiao, Dong Shuwen. Mesozoic tectonic evolution history of the Tan-Lu fault zone, China: Advances and new understanding [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(5): 54-61.
- [9] 童亨茂, 宓荣三, 于天才, 等. 渤海湾盆地辽河西部凹陷的走滑构造作用[J]. 地质学报, 2008, 82(8): 1017-1025.
Tong Hengmao, Mi Rongsan, Yu Tiancai, et al. The strike-slip tectonics in the western Liaohe depression, Bohai Bay basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(8): 1017-1025.
- [10] 邓津辉, 周心怀, 魏刚, 等. 郯庐走滑断裂带活动特征与油气藏的关系——以金县地区为例[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 102-106.
Deng Jinhui, Zhou Xinhui, Wei Gang, et al. Strike-slip faulting activities in the Tan lu fault zone and their relationship with hydrocarbon accumulation—an example from Jinxian area [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(1): 102-106.
- [11] 万桂梅, 周东红, 汤良杰. 渤海海域郯庐断裂带对油气成藏的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 450-454.
Wang Guimei, Zhou Donghong, Tang Liangjie. Control of the Tan-Lu fault zone on hydrocarbon accumulation in the Bohai Sea water [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 450-454.
- [12] 朱秀香, 吕修祥, 王德英, 等. 渤海海域黄河口凹陷走滑转换带对油气聚集的控制[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 476-481.
Zhu Xiuxiang, Lv Xiuxiang, Wang Deying, et al. Controlling effect of a strike-slip transform belt on hydrocarbon accumulation in the Huanghekou Sag, the Bohai Sea waters [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 476-481.
- [13] 杨桥, 魏刚, 马宝军, 等. 郯庐断裂带辽东湾段新生代右旋走滑变形及其模拟实验[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 483-489.
Yang Qiao, Wei Gang, Ma Baojun, et al. Characteristics and modeling of the Cenozoic right-lateral slip deformation in the Liaodong Bay segment of the Tan-Lu fault zone [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 483-489.
- [14] 慕德梁, 孟卫工, 李成, 等. 断陷盆地陡坡带构造样式与油气聚集——以渤海湾盆地辽河坳陷西部凹陷陡坡带为例[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(5): 635-642.
Mu Deliang, Meng Weigong, Li Cheng, et al. Structural style and hydrocarbon accumulation in the steep slope zone of faulted basin: an example from the western sag of the Liaohe Depression, the Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(5): 635-642.
- [15] 张庆龙, 葛荣峰, 赵立文, 等. 辽河盆地中部构造演化与古潜山油气成藏模式[J]. 石油实验地质, 2010, 32(3): 211-217.

- reservoirs [J]. Oil & Gas Geology 2007 28(3):315-319.
- [12] 岑芳, 赖枫鹏, 姜辉, 等. 改进定容含硫气藏储量计算方法 [J]. 石油与天然气地质 2007 28(3):320-323.
Cen Fang, Lai Fengpeng, Jiang Hui, et al. An improved calculation method for reserve of constant-volume sour gas reservoirs [J]. Oil & Gas Geology 2007 28(3):320-323.
- [13] 冉启佑, 胡向阳, 赵庆飞, 等. 新区经济可采储量计算方法 [J]. 石油勘探与开发 2004 31(5):83-86.
Ran Qiyu, Hu Xiangyang, Zhao Qingfei, et al. Calculation of the economic recoverable reserves in the undeveloped area [J]. Petroleum Exploration and Development 2004 31(5):83-86.
- [14] 冉启佑, 赵庆飞, 方开璞, 等. 水驱油田剩余经济可采储量计算方法 [J]. 石油与天然气地质 2005 26(3):379-383.
Ran Qiyu, Zhao Qingfei, Fang Kaipu, et al. Calculation methods of remaining economic recoverable reserves in waterflooding oilfields [J]. Oil & Gas Geology 2005 26(3):379-383.
- [15] 张玲, 张建荣, 庄丽. 储量价值评估在油田勘探效益分析中的应用 [J]. 油气地质与采收率, 2008 15(1):107-110.
Zhang Ling, Zhang Jianrong, Zhuang Li, et al. Application of reserves value evaluation to the analysis of exploration benefit in oilfields [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2008 15(1):107-110.
- [16] 张伦友, 彭宽军. 石油天然气储量价值评估方法研究 [J]. 天然气勘探与开发 2005 28(3):69-72.
Zhang Lunyou, Pen Kuanjun. The research of estimation method in the reserves value of oil and gas [J]. Gas Exploration and Development, 2005 28(3):69-72.

(编辑 张亚雄)

(上接第264页)

- Zhang Qinglong, Ge Rongfeng, Zhao Liwen, et al. Structural evolution and model of hydrocarbon accumulation in buried hills in the central Liaohe Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment 2010 32(3):211-217.
- [16] 蔡东升, 罗毓晖, 武文来, 等. 渤海浅层构造变形特征、成因机理与渤中坳陷及其周围油气富集的关系 [J]. 中国海上油气(地质) 2010 15(1):35-43.
Cai Dongsheng, Luo Yuhui, Wu Wenlai, et al. Shallow tectonic deformation and its relationship to hydrocarbon enrichment in Bozhong depression and adjacent areas, Bohai Bay Basin [J]. China offshore Oil and Gas 2010 15(1):35-43.
- [17] 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) 2010 15(5):301-305.
- Deng Yunhua. Control of the new tectonism along tancheng-Lujiang fracture zone on hydrocarbon accumulation in the eastern Bohai sea [J]. China offshore Oil and Gas 2010 15(5):301-305.
- [18] 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):386-392.
Fan Changyu, Wang Zhenliang, Li Ping. Influence of Neotectonics on hydrocarbon generation in the Paleogene source rocks of the northern Dongpu Depression and its implications for the forming of oil/gas pools in shallow strata [J]. Oil & Gas Geology, 2010 31(3):386-392.

(编辑 高岩)

(上接第272页)

- [14] 谭锋奇, 李洪奇, 武鑫, 等. 砾岩油藏水淹层定量识别方法研究——以克拉玛依油田六中区克下组为例 [J]. 石油与天然气地质 2010 31(2):154-162.
Tan Fengqi, Li Hongqi, Wu Xin, et al. Study of quantitative identification methods to conglomerate reservoir waterflooded zone—an example of Kexia Group reservoir of the Sixth Central Block in Karamay oilfield [J]. Oil & Gas Geology, 2010 31(2):154-162.
- [15] Welte D H, Yukler M A. Petroleum origin and accumulation in basin evolution—a quantitative model [J]. AAPG Bulletin, 1981 65(8):1387-1396.
- [16] Siddiqui F I, Lake L W. A dynamic theory of hydrocarbon migration [J]. Mathematical Geology 1992 24(3):305-327.
- [17] 邵雨, 陈伟, 张伯友. 断层相关褶皱理论在准噶尔盆地南缘山前带构造研究的应用 [J]. 地球科学与环境学报 2005, 27(1):26-29.
- Shao Yu, Cheng Wei, Zhang Boyou. Application study of the piedmont structure zone by fold theories related to fault in the southern margin of the Juggar Basin [J]. Journal of Geoscience and Environment 2005 27(1):26-29.
- [18] Storti F, Salvini F, McClay K. Fault-related folding in sandbox analogue models of thrust wedges [J]. Journal of Structural Geology 1997 19(3):583-602.
- [19] 何登发, Suppe J, 贾承造. 断层相关褶皱理论与应用研究新进展 [J]. 地学前缘 2005 12(4):353-364.
He Dengfa, Suppe J, Jia Chengzao. Application and new progress of fold theories related to fault [J]. Geoscience Front, 2005 12(4):353-364.
- [20] Suppe J. Geometry and kinematics of fault-bend folding [J]. American Journal of Science 1983 28(3):684-721.

(编辑 李军)