

天津北大港构造带东翼断裂活动浅析

万贵龙¹⁾, 张德会¹⁾, 张守仁²⁾

1) 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

2) 中联煤层气有限责任公司, 北京 100011

摘要: 构造因素对油气的分布起着控制性的作用, 断裂活动特征决定着一个盆地或凹陷油气的富集与分布。本文通过对北大港构造带东翼所有断裂的仔细研究, 统计分析了区内 20 条规模较大断裂的断距在纵横向上的变化, 结合 20 余条地震剖面 and 8 条构造发育史剖面, 综合分析认为北大港构造带东翼的断裂活动主要为: 古近纪活动期和新构造期(0.78 Ma 至今)活动期。而在新近纪, 研究区内断裂(或构造)活动极其微弱, 多数断裂没有活动。从演化过程、空间分布等方面认为: 港东-唐家河构造带, 晚期构造活动对先存构造的破坏性较弱, 与白水头构造带的断裂活动具有一定的相似性, 形成了典型的花状构造; 而白东构造带在新构造期断裂活动强烈, 有些新生断裂切割到了古近系地层, 有的断裂已达地表附近, 形成了“对倾式”的断裂组合。并初步讨论了断层活动对油气运聚的影响。

关键词: 北大港构造带东翼; 断裂活动; 构造样式; 形成机制

中图分类号: P618.13; P542.3 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2011.03.13

An Analysis of Fault Activities in Eastern Beidagang Tectonic Belt, Tianjin

WAN Gui-long¹⁾, ZHANG De-hui¹⁾, ZHANG Shou-ren²⁾

1) School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

2) China United Coal-bed Methane Limited Liability Co., Ltd., Beijing 100011

Abstract: Structural factors play a controlling role in the distribution of oil and gas, and oil and gas enrichment and distribution in a basin or in a sag depend on characteristics of fault activities. The authors carefully studied all the fractures in eastern Beidagang tectonic belt, calculated and analyzed fracture distance variations of 20 large faults in vertical and horizontal directions in combination with over 20 seismic sections and 8 structural development profiles in the study area. On such a basis, the authors hold that the main fault activities in eastern Beidagang tectonic belt occurred in Paleocene tectonic period and Neocene tectonic period. In Neocene tectonic period, however, fault activities were extremely weak, and most faults were not active. From evolutionary process and spatial distribution, it is considered that the destructive effect of late tectonic activities on earlier faults was weak, and fault activities were somewhat similar to things of Baishuitou tectonic belt in Gangdong-Tangjiahe tectonic belt, forming a typical flower-shaped structure. Nevertheless, fault activities in Baidong tectonic belt were strong in Neocene tectonic period, and some new faults cut Paleocene strata with some reaching the near-surface place, forming “face toward sloping type” fault combination. The influence of fault activities on hydrocarbon migration and accumulation is also preliminarily discussed in this paper.

Key words: eastern Beidagang tectonic belt; fault activities; tectonic style; formation mechanism

本文由中国石油天然气股份有限公司大港油田分公司科研项目“北大港构造带东翼构造演化及控砂、控油研究”(编号: DGYT-2006-J5-3696)资助。

收稿日期: 2011-04-05; 改回日期: 2011-04-24。责任编辑: 魏乐军。

第一作者简介: 万贵龙, 男, 1977 年生。博士研究生。从事构造地质、地质勘查研究。通讯地址: 100083, 北京市海淀区学院路 29 号 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院 B10-2 班。电话: 010-82328725。E-mail: wanguilong1977@163.com。

渤海湾盆地是一个中、新生代的含油气沉积盆地,影响油气藏分布的因素很多,其中构造因素起着控制性的作用(戴俊生等,1997)。北大港构造带东翼位于黄骅拗陷陆上 NE 向构造与海域近 EW 向构造的结合部,在第三纪盆地形成发展过程中,主要经历了三次构造运动,即发生于中晚渐新世的华北期(构造期年龄为 52~23.5 Ma,构造事件年龄大致为 33.7~23.5 Ma)、发生于新近纪的喜马拉雅期(构造期年龄为 23.5~0.78 Ma,构造事件年龄大致为 8~0.78 Ma)以及中更新世以来的新构造期(构造期年龄为 0.78 Ma-今)。其中,对北大港构造带东翼影响较强烈的为华北期和新构造期(万天丰,2004)。断裂活动状况直接影响到油气的运移和聚集,因此研究断裂活动特征非常重要。而目前对于油气田进行构造演化研究的多数成果,由于对中国大陆构造演化的复杂性认识不足,比较粗略,常常将盆地内的断层简单地视作以垂向运动为主,而忽视了不同期次形成或活动的断裂在力学性质、活动特征、形成机制方面的差异。本文将从断裂活动状况、断层的构造样式以及形成机制方面对北大港构造带东翼断层进行讨论分析。

1 断裂活动分析

渤海湾盆地新生代断层大致可以分为两类:一类主要发育在古近系盖层中,直接或间接与基底伸展断层连锁在一起;另一类主要发育在新近系—第四系盖层中,主要沿着基底断裂带发育(漆家福等,2010)。断裂活动与分布决定着一个盆地或凹陷油气的富集与分布(孟繁有,2008),构造演化历史对纵向油气分布起主要控制作用(赵文智等,2000)。构造作用使地层受挤压弯曲而发生拱张,产生张裂缝和微裂缝,改善了储集性,有利于油气的运移和成藏(张玉明等,2006)。北大港构造带东翼第三系地层内发育有上百条大小不等的断裂,在地震剖面上,断裂形迹明显,断裂位置可靠,对研究断裂断距纵横向变化提供了可靠的资料基础。通过对区内所有断裂(包括同沉积断裂和一次性断裂)的仔细分析,统计了区内 20 条规模较大断裂的断距在纵横向上的变化,结合 20 余条地震剖面 and 8 条构造发育史剖面,厘定了断裂的活动期次(图 1)。

由于受现有地震资料覆盖范围的限制,北界的海河断裂几乎没有揭示,而南界的港东断裂有一部分揭露。据现有资料推断,北大港构造带东翼的裂陷阶段,主要受到了 NE—近 EW 向断裂的控制,而

且东部的白东构造带断陷期地层厚度远大于西部的港东-唐家河构造带(图 2)。也就是说北大港构造带东翼古近纪时期的断陷规模,东部远大于西部。

在北大港构造带东翼,除南、北边界发育有较大的港东和海河控陷断裂外,还发育有三条次级断裂,即唐家河断裂、白水头断裂和白水头东断裂,分别对港东-唐家河构造带、白水头构造带和白东构造带的形成发育起到了主要的控制作用。总的来看,北大港构造带东翼的断裂活动主要分为两个期次:古近纪活动期和新构造期(0.78 Ma 至今)活动期。而在新近纪,北大港构造带东翼断裂(或构造)活动极其微弱,大多地震资料揭示该时期断裂没有活动,只有个别断裂有 20 m 左右断距的活动(图 3)。

港东断裂是北大港构造带东翼在新生代活动强度最大的一条断裂,沙河街组一段中部(ES1z)底的断距可达 2000 m 左右,整体上表现为一条同沉积断裂,东营组二段沉积以前同沉积作用较强,而东营组一段沉积之后同沉积作用较弱,在新近纪该断裂几乎没有活动;在新构造期(0.78 Ma 至今)有一定程度的活动,最大断距可达 400 m 左右(图 3a)。

1.1 古近纪断裂活动期

断裂带形成发展演化过程中所形成的结构、变形分段性在很大程度上控制了断裂现今活动的分段性(胡道功等,1999)。在古近纪,具有明显活动形迹的断裂包括两类:一是控制构造带发育的断裂;二是次级调节断裂。

1.1.1 控制构造带发育的断裂

控制构造带发育的断裂主要是指对港东-唐家河构造带和白水头构造带起主要控制作用的唐家河断裂、白水头断裂和白水头东断裂。

唐家河断裂主要控制了港东-唐家河构造带的发育,唐家河断裂整体表现为明显的同沉积性(图 3b)。从断裂断距的变化幅度来看,唐家河断裂的活动过程经历了三个阶段:第一个阶段是沙河街组一段上部沉积前,该时期断裂活动强度大,对沉积地层具有明显的控制作用,沙一中底面的断距最大可达 700 m,而沙一上底面的断距最大仅有不到 500 m;第二个阶段是沙河街组一段上部至东营组一段沉积期间,沙一底的最大断距近 500 m,而馆陶组底的断距最大不到 200 m,该时期具有明显的同沉积性;第三个阶段是馆陶组现今,该时期唐家河断裂的同沉积性不强,仅局部可见,不到 200 m 的断距主要是在新构造期(0.78 Ma-今)形成的。

白水头断裂与白水头东断裂主要控制了白水头

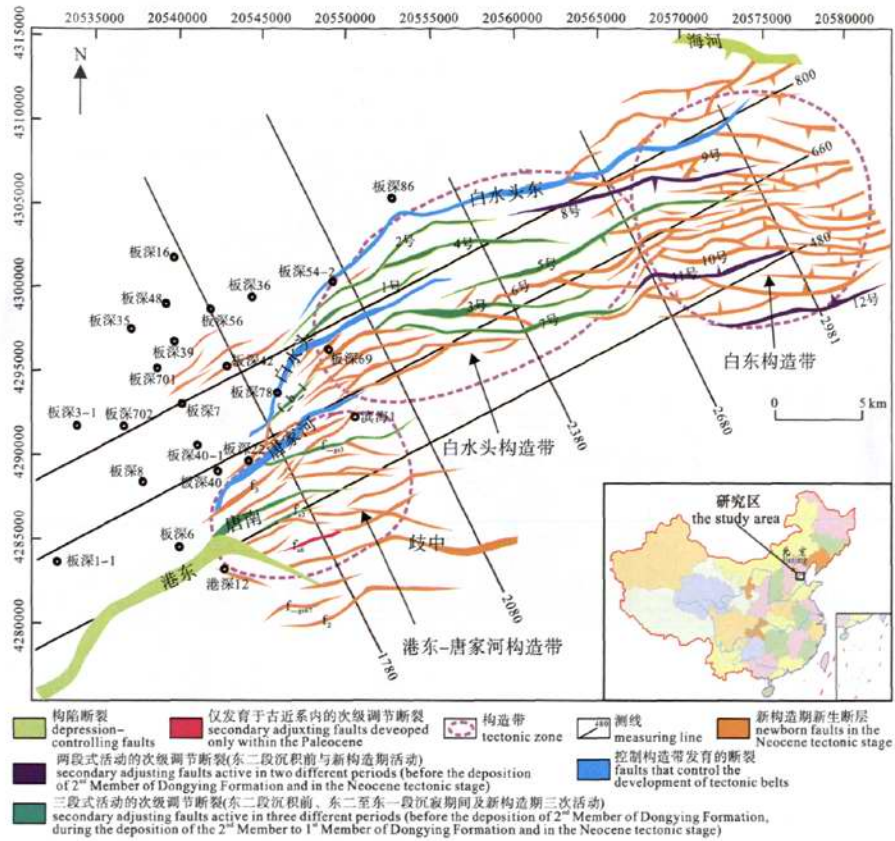


图1 北大港构造带东翼断裂分布图
Fig. 1 Fault distribution in eastern Beidagang tectonic belt

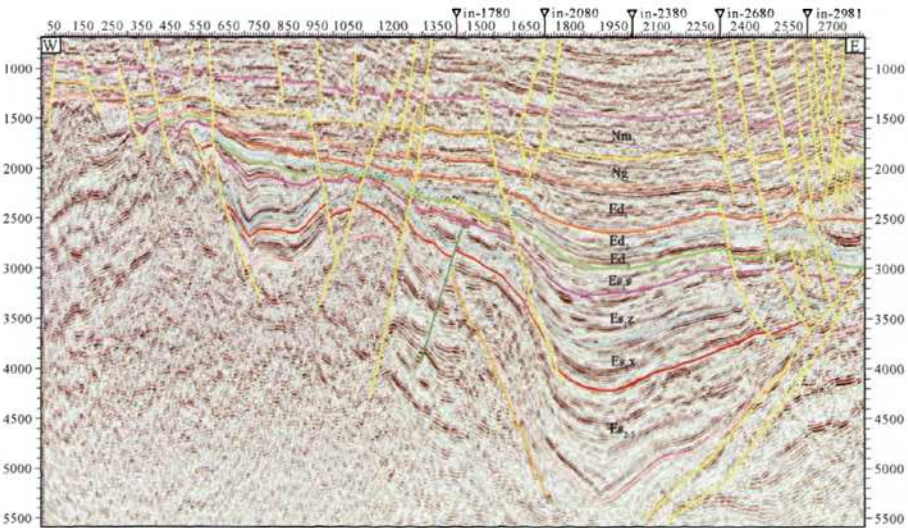


图2 北大港构造带东翼港东—白东地震剖面(Crossline 480 测线, 位置见图1)
Fig. 2 Seismic section of Gangdong-Baidong in eastern Beidagang tectonic belt(For position of the measuring line 480 see Fig. 1)
(W: (x: 20535000, y: 4280000), E: (x: 20580000, y: 4305000))
(W: (x: 20535000, y: 4280000), E: (x: 20580000, y: 4305000))

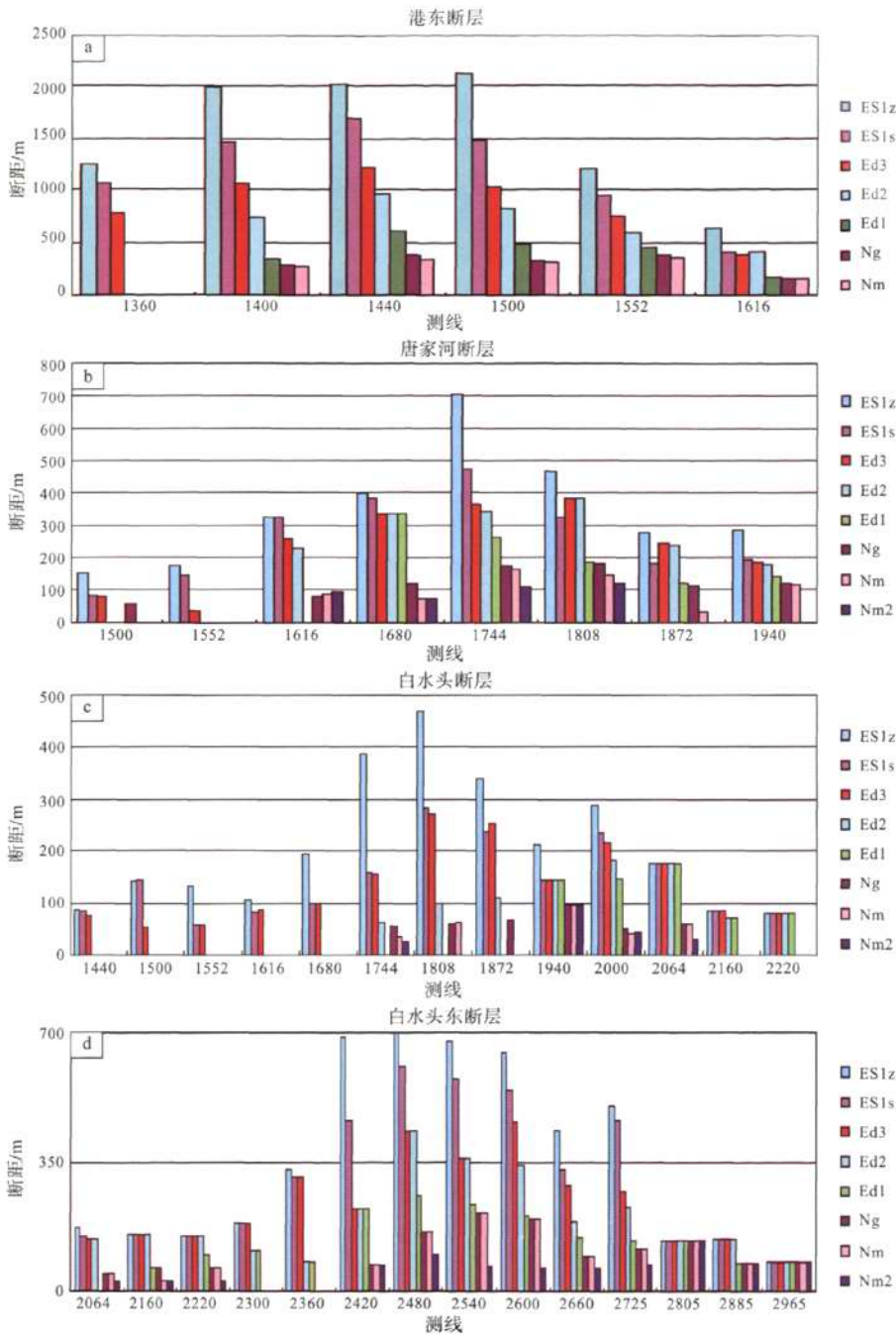


图 3 北大港构造带东翼部分断层断距横纵向变化柱状图

Fig. 3 Columnar section of fracture distance changes in vertical and horizontal directions in part of the faults in eastern Beidagang tectonic belt

a-港东断层断距横纵向变化柱状图; b-唐家河断层断距横纵向变化柱状图;

c-白水头断层断距横纵向变化柱状图; d-白水头东断层断距横纵向变化柱状图

a-Histogram of fracture distance changes in vertical and horizontal of Gangdong fault; b-Histogram of fracture distance changes in vertical and horizontal of Tangjiahe fault; c-Histogram of fracture distance changes in vertical and horizontal of Baishuitou fault;

d-Histogram of fracture distance changes in vertical and horizontal of Baishuitoudong fault

构造带的发育。白水头断裂整体表现为明显的同沉积性(图 3c)。从断裂断距的变化幅度来看, 白水头断裂的活动过程经历了四个阶段: 第一个阶段是沙河街组一段上部沉积前, 该时期断裂活动强度大, 对沉积地层具有明显的控制作用, 最大断距达近 500 m; 第二个阶段是沙河街组一段上部至东营组三段沉积期间, 最大断距达近 300 m, 该时期白水头断裂的同沉积性不明显; 第三阶段是东营组二段至东营组一段沉积期间, 该时期白水头断裂的同沉积性不明显, 主要表现为东一段沉积期间的活动性; 第四阶段为馆陶组至现今, 新近纪断裂活动性弱, 最大不到 100 m 的断距主要是在新构造期(0.78 Ma-今)形成。

白水头东断裂整体表现为明显的同沉积性(图 3d)。从断裂断距的变化幅度来看, 白水头东断裂的活动过程经历了三个阶段: 第一个阶段是东营组三段沉积前, 该时期断裂活动强度大, 对沉积地层具有明显的控制作用, 沙一中底面的断距最大可达 700 m; 第二个阶段是东营组三段至东营组二段沉积期间, 东三段底面的断距最大可达 450 m, 而东营组一段底的断距最大仅 200 m, 该时期白水头东断裂的同沉积性不强烈, 东三底和东二底的断距差别不大; 第三阶段是东营组一段沉积期间至现今, 该时期白水头东断裂的同沉积性不明显, 新近纪断裂活动性弱, 大多区段不到 100 m(局部可达 200 m)的断距主要是在新构造期(0.78 Ma-今)形成的。

1.1.2 次级调节断裂

构造变换带靠近物源区发育的断阶带与调节带, 控制着沉积物向洼槽区的输送路径, 是岩性油气藏形成的有利地区(杨勉等, 2008)。次级调节断裂, 是指在古近纪时期, 在较强烈的伸展作用下, 伴随着控制地层沉积的大型断裂的活动, 在构造软弱带产生了一系列次级断裂, 起到了调整构造应力进一步达到平衡的作用。这些次级调节断裂的活动可进一步划分为三种类型: (1)仅发育于古近系内的次级调节断裂: 该类断裂主要发育在港东-唐家河构造带(图 4a), 该地区多缺失东营组上部地层, 而古近纪或古近纪早期活动的断裂, 在新近纪或新构造期并没有继承性活动。这些断裂不仅活动时期较短, 而且在古近纪时的活动强度不大。(2)两段式活动的次级调节断裂: 该类次级调节断裂主要发育在白东构造带(图 4b), 表现为东二段沉积前的明显活动以及新构造期的又一次活动, 这些断裂的活动强度整体不大。(3)三段式活动的次级调节断裂: 三段式发育的次级调节断裂(图 4c), 即表现为东二段沉积前明

显的同生长性、东二至东一段沉积期间有一定的活动性以及新构造期的又一次活动。

1.2 新构造期(0.78 Ma-今)活动期

新构造期, 是北大港构造带东翼构造明显活动的又一时期, 主要表现为已有断裂的再活动以及新断裂的产生, 图 5 反映了港东-唐家河构造带部分断裂活动的这一特征。这些断裂在新构造期的活动强度不大, 断距多在 100 m 左右, 但断裂活动的范围较广, 在整个北大港构造带东翼普遍存在, 特别是在白东构造带, 在新构造期产生了大量的断裂, 对早期构造进行了切割, 使得原有的构造形态更加复杂化。

2 构造样式、形成机制的差异性

盆地形成的构造动力机制决定其结构特征, 同时盆地结构特征是其构造动力机制的反映(李明刚等, 2009)。断层的交切情况决定着断层的构造样式(陈书平等, 2004)。北大港构造带东翼位于黄骅拗陷陆上 NE 向构造与海域近 EW 向构造的转折结合部

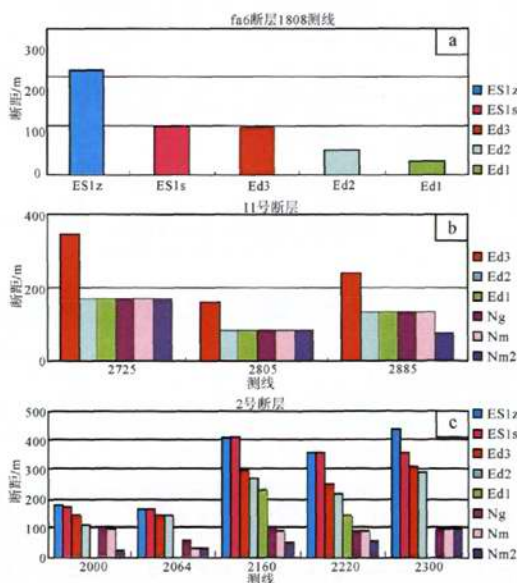


图 4 北大港构造带东翼部分断层断距横纵向变化柱状图

Fig. 4 Columnar section of fracture distance changes in vertical and horizontal directions in part of the faults in eastern Beidagang tectonic belt

a-fa6 断层断距纵向变化柱状图; b-11 号断层断距横纵向变化柱状图; c-2 号断层断距横纵向变化柱状图

a-Columnar section of fracture distance changes in vertical and horizontal directions of fa6 fault; b-Columnar section of fracture distance changes in vertical and horizontal directions of No.11 fault; c-Columnar section of fracture distance changes in vertical and horizontal directions of No.2 fault

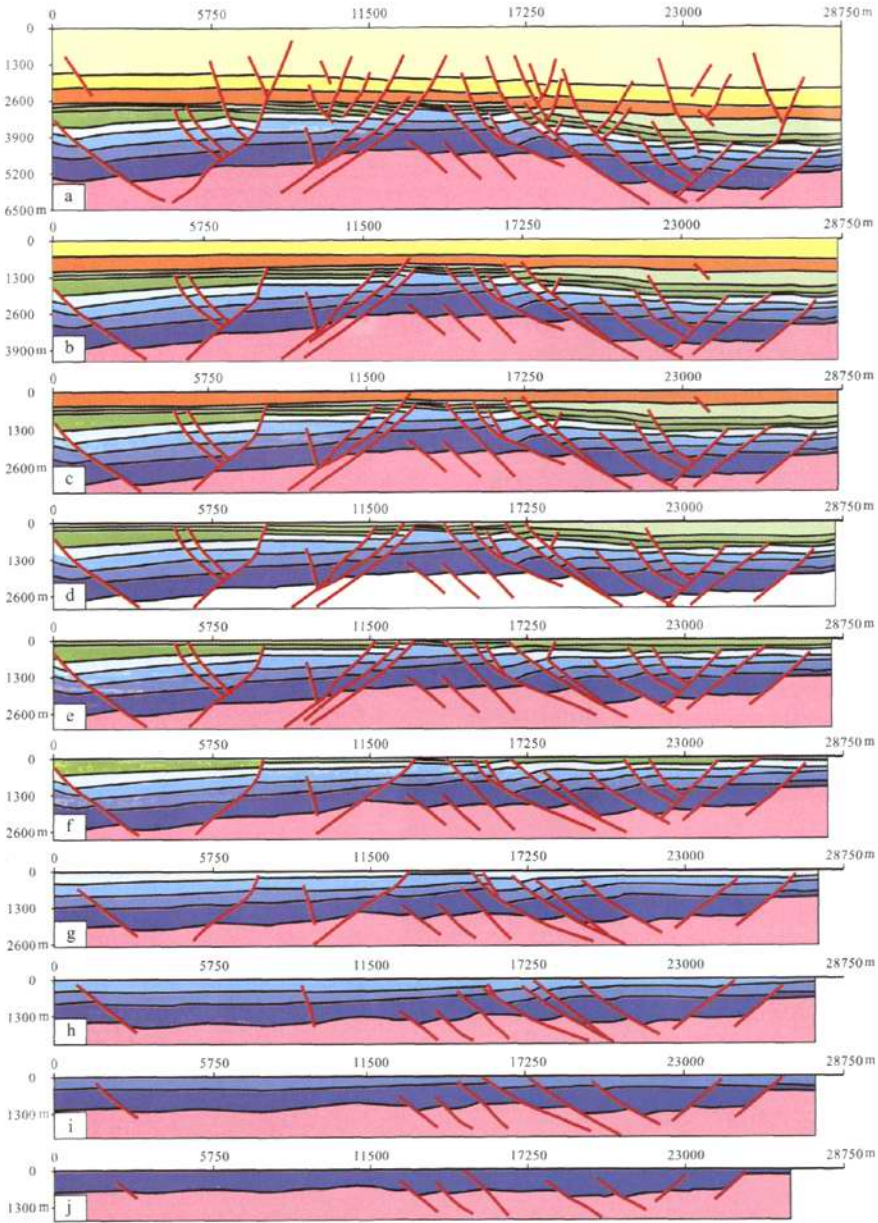


图 5 港东-唐家河构造带 InLine1780 测线构造发育史剖面图(测线位置见图 1)

Fig. 5 Profile of structural development history along 1780 measuring line of Gangdong-Tangjiahe tectonic belt (for position of the measuring line see Fig. 1)

a-现今地质剖面; b-明化镇组上段沉积前地质剖面; c-明化镇组下段沉积前地质剖面; d-馆陶组沉积前地质剖面;
e-东营组一段沉积前地质剖面; f-东营组二段沉积前地质剖面; g-东营组三段沉积前地质剖面; h-沙河街组一段上沉积前地质剖面;
i-沙河街组一段下沉积前地质剖面; j-沙河街组一段下沉积前地质剖面
a-Present geological profile; b-Geological profile before the deposition of the upper part of the Minghuazhen Formation; c-Geological profile before the deposition of the lower part of the Minghuazhen Formation; d-Geological profile before the deposition of Guantao Formation; e-Geological profile before the deposition of the first part of the Dongying Formation; f-Geological profile before the deposition of the second part of the Dongying Formation; g-Geological profile before the deposition of the third part of the Dongying Formation; h-Geological profile before the deposition of the upper first part of the Shahejie Formation; i-Geological profile before the deposition of middle first part of the Shahejie Formation; j-Geological profile before the deposition of lower first part of the Shahejie Formation

位, 这种特殊的构造背景, 造成了区内不同区域的构造特征各不相同, 所形成的三个构造带的构造样式、形成机制也存在明显差异性。

2.1 构造样式的差异性

2.1.1 港东-唐家河构造带

港东-唐家河构造带, 在华北期近 EW 向挤压作用下, NE 走向、SE 倾向的唐家河断裂张性一走滑活动强烈, 在伸展作用下形成了一个宽缓的牵引背斜构造; 在新近纪, 该构造带构造活动性较弱或几乎没有发生构造活动; 在新构造期(即中更新世以来),

在现今构造期 NEE 向挤压作用下, 该地区已有 NE 向断裂再一次活动, 并相应地产生了一系列 NE 走向、NW 倾向的次级小断裂, 使得港东-唐家河构造带中断裂现今呈典型的“Y”字型组合, 港东-唐家河构造带呈典型的花状构造(图 5)。

2.1.2 白水头构造带

白水头构造带, 在华北期近 EW 向挤压作用下, 以白水头断裂和白水头东断裂为主的一系列 NE 走向、SE 倾向的断裂伸展张性活动强烈, 在伸展—逆牵引作用下形成了一个宽缓的背斜构造; 在新近纪,

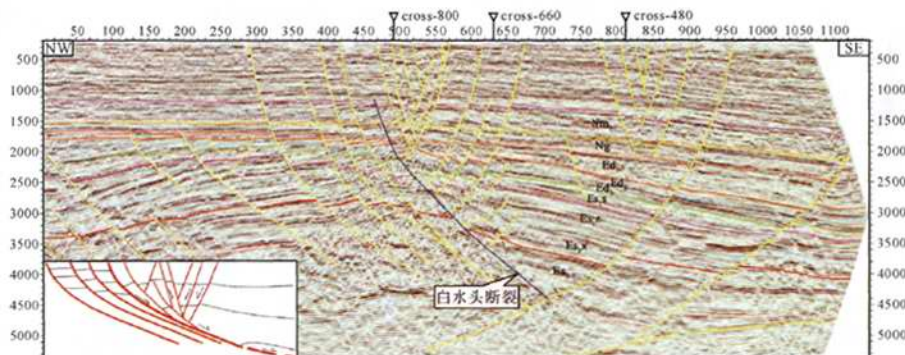


图 6 白水头构造带 Inline2080 测线地震剖面(测线位置见图 1)

(NW: (x: 20545000, y: 4308000), SE: (x: 20565000, y: 4281000))

Fig. 6 Seismic section along measuring line 2080 of Baishuitou tectonic belt (For position of the measuring line see Fig. 1)

(NW: (x: 20545000, y: 4308000), SE: (x: 20565000, y: 4281000))

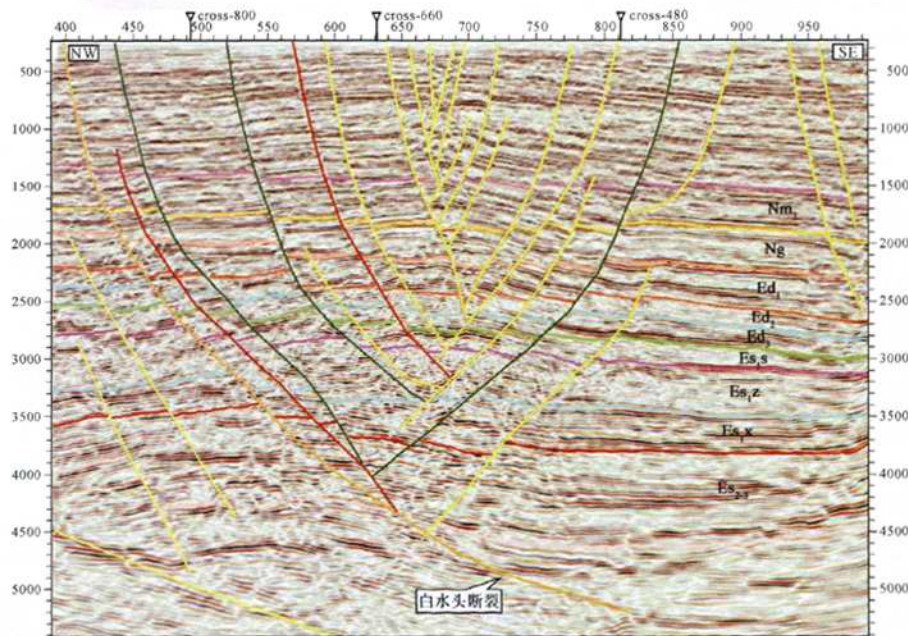


图 7 白水头构造带 Inline2680 测线地震剖面(测线位置见图 1)

(NW: (x: 20564000, y: 4307000), SE: (x: 20572000, y: 4292000))

Fig. 7 Seismic section along measuring line 2680 of Baishuitou tectonic belt (For position of the measuring line see Fig. 1)

(NW: (x: 20564000, y: 4307000), SE: (x: 20572000, y: 4292000))

该构造带构造活动性较弱或几乎没有发生构造活动;在新构造期(即中更新世以来),在现今构造期 NEE 向挤压作用下,该地区已有 NE 向断裂再一次的张性—走滑活动,并相应地产生了一系列 NE 走向、NW 倾向的次级小断裂,使得白水头构造带中断裂现今呈典型的“Y”字型组合,白水头构造带呈典型的花状构造(图 6)。与港东-唐家河构造带不同的是,该构造带受到了一系列 NE 走向、SE 倾向的主断裂控制,古近纪以及新构造期的构造活动性更加强烈。

2.1.3 白东构造带

白东构造带,在华北期近 EW 向挤压作用下,该地区 NEE 走向、SE 倾向的断裂伸展张性活动较强烈,控制沉积了北厚南薄、具有一定箕状结构的古近系地层沉积,同时该地区 NEE 走向、NW 倾向的断裂的活动也明显较上述其它两个构造带要强,使得白东构造带在古近纪时期就形成了“对倾式”的断裂组合;在新近纪,该构造带构造活动性较弱或几乎没有发生活动;在新构造期(即中更新世以来),在现今构造期 NEE 向挤压作用下,该地区已有断裂再一次活动,并相应地产生了一系列 NNE 走向、NW 和 SE 倾向的次级小断裂,使得白水头构造带中断裂现今呈“对倾式”组合,白水头构造带在浅部呈“对倾式”断裂控制的走滑背斜构造(图 7)。

2.2 形成机制的差异性

对于北大港构造带东翼 3 个构造带现今所呈现的不同的构造样式,其根本原因是由于先期构造特征的差异性所导致的:(1)港东-唐家河构造带与白水头构造带具有相似的“Y”字型构造样式,其原因是在古近纪时只发育有 SE 倾向的主断裂,使得在新构造期的剪切走滑作用下,沿主断裂派生了一系列反向(NW 倾向)的次级小断裂,从而形成了典型的“Y”字型构造样式;(2)在白东构造带,由于古近纪时,SE 倾向和 NW 倾向的断裂均有发育,在新构造期沿断裂走向的剪切走滑作用下,并没有形成“Y”字型构造的先存构造条件,而是地质体沿断面发生了一定程度的走滑,形成了与断裂体系有一定角度的走滑背斜构造,同时伴生了大量的次级调节断裂。

3 认识

综合以上分析,北大港构造带东翼断裂活动或构造活动主要有以下特点:

(1)从演化过程上:沙河街—东营组三段沉积期间,断裂的同沉积性较强,断裂对地层的沉积充填具有一定的控制性;东营组二段—东营组一段沉积

期间,断裂活动性较前一阶段明显减弱,表现在该时期断裂断距明显减小,而且同沉积性也不太明显;馆陶—明化镇组沉积期间,断裂活动性极其微弱或没有活动;新构造期(0.78 Ma-今),是该地区构造活动的又一高峰期,不仅表现为已有断裂的重新活动,而且产生了一系列的新断裂,虽然该时期断裂活动强度不大(断距一般小于 100 m),但断裂在整个研究区内普遍发育。

(2)从平面分布上:港东-唐家河构造带晚期(新近纪—新构造期)断裂活动性较弱,有些断裂自新近纪始就停止活动,也就是说在港东-唐家河构造带,晚期构造活动对先存构造的破坏性较弱;港东-唐家河构造带与白水头构造带的断裂活动具有一定的相似性:①次级调节断裂均表现为三段式发育;②新构造期断裂活动强度具有较相似的特点,即新生断裂相对较少;而白东构造带:①次级调节断裂均表现为两段式发育;②新构造期断裂活动强度较大,新生断裂数量多,有些断裂已切割到了古近系中,使原有构造形态更加复杂化。

(3)从构造样式上:港东-唐家河构造带与白水头构造带具有相似的“Y”字型构造样式,具有典型的花状构造;白东构造带则形成了“对倾式”的断裂组合。

(4)早期断层在始新世—渐新世活动强烈,且贯穿生油层,有利于油气运移与聚集,此类断层在新构造期活动性不太强,如果断裂没有贯通到地表或接近地表处,在断裂的中、深部可能形成良好的油气藏;新构造期新生断层,活动性较强,张裂较明显,成为油气运移的良好通道。如果它们只发育在浅部,未能与深部生油层相连通,则有可能不会破坏深部油气藏;如果它们已断达深部烃源岩,则会造成油气的大量散失。

致谢:本文研究和写作过程中得到了万天丰教授的精心指导,在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- 陈书平,汤良杰,贾承造. 2004. 含盐前陆充填变形前缘盐上层构造样式[J]. 地球学报, 25(5): 561-564.
- 戴俊生,陆克政,李理,漆家福. 1997. 渤海湾盆地构造对油气藏分布的控制作用[J]. 勘探家, 2(4): 5-8.
- 胡道功,吴树仁,殷秀兰. 1999. 仙女山断裂带断层泥分维值与断裂活动研究[J]. 地球学报, 20(2): 137-141.
- 李明刚,漆家福,杨桥,徐田武,陈刚. 2009. 渤海湾盆地黄骅坳

- 陷新生代结构特征及构造动力学模式[J]. 地球学报, 30(2): 201-209.
- 孟繁有. 2008. 断裂输导特征及对油气成藏与分布的控制作用[J]. 大庆石油地质与开发, 27(6): 1-4.
- 漆家福, 周心怀, 王谦身. 2010. 渤海海域中郛庐深断裂带的结构模型及新生代动力学[J]. 中国地质, 37(5): 1231-1242.
- 万天丰. 2004. 中国大地构造学纲要[M]. 北京: 地质出版社.
- 杨勉, 付广, 张云峰, 王月庆. 2008. 构造变换带沉积充填特征与油气分布规律[J]. 大庆石油地质与开发, 27(3): 15-17.
- 张玉明, 张青林, 王明君, 杨木壮. 2006. 松辽盆地十屋断陷反转构造样式及其油气勘探意义[J]. 地球学报, 27(2): 151-156.
- 赵文智, 池英柳. 2000. 渤海湾盆地含油气层系区域分布规律与主控因素[J]. 石油学报, 21(1): 10-15.
- References:**
- CHEN Shu-ping, TANG Liang-jie, JIA Cheng-zao. 2004. Structural Styles in the Deformation Leading Edge of Evaporite-bearing Foreland Basin Fill[J]. Acta Geoscientica Sinica, 25(5): 561-564(in Chinese with English abstract).
- DAI Jun-sheng, LU Ke-zheng, LI Li, QI Jia-fu. 1997. Tectonic Control Over the Distribution of Oil and Gas Pools in Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Explorations, 2(4): 5-8(in Chinese with English abstract).
- HU Dao-gong, WU Shu-ren, YIN Xiu-lan. 1999. Fractal Dimensions of Fault Gouges from the Xiannüshan Fault and Its Activity[J]. Acta Geoscientica Sinica, 20(2): 137-141(in Chinese with English abstract).
- LI Ming-gang, QI Jia-fu, YANG Qiao, XU Tian-wu, CHEN Gang. 2009. Cenozoic Structure Features of Huanghua Depression and Its Structure Dynamics Model[J]. Acta Geoscientica Sinica, 30(2): 201-209(in Chinese with English abstract).
- MENG Fan-you. 2008. Characteristics of Fracture Transportation and Their Controlling Action on Petroleum Reservoir Formation and Distribution[J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 27(6): 1-4(in Chinese with English abstract).
- QI Jia-fu, ZHOU Xin-huai, WANG Qian-shen. 2010. Structural Model and Cenozoic Kinematics of Tan-Lu Deep Fracture Zone in Bohai Sea Area[J]. Geology in China, 37(5): 1231-1242(in Chinese with English abstract).
- WAN Tian-feng. 2004. Tectonic Learning Programs in China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- YANG Mian, FU Guang, ZHANG Yun-feng, WANG Yue-qing. 2008. Sedimentary Filling Features and Hydrocarbon Distribution Rules in Structural Transfer Zone[J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 27(3): 15-17(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yu-ming, ZHANG Qing-lin, WANG Ming-jun, YANG Mu-zhuang. 2006. The Reverse Structural Styles in the Shiwo Rift Depression, Songliao Basin, and Their Oil and Gas Exploration Significance[J]. Acta Geoscientica Sinica, 27(2): 151-156(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Wen-zhi, CHI Ying-liu. 2000. Regional Distribution Regularity and Its Controlling Factors of Oil and Gas Bearing Series in Bohai Bay Basin[J]. Acta Petroli Sinica, 21(1): 10-15(in Chinese with English abstract).