

文章编号:1673-5005(2011)01-0020-08

# 惠民凹陷西部深层断裂样式与古近纪盆地原型的性质

倪金龙<sup>1,2</sup>, 刘俊来<sup>1</sup>, 林玉祥<sup>2</sup>, 王智敏<sup>3</sup>, 韩作振<sup>2</sup>, 李月<sup>2</sup>, 曹淑云<sup>4</sup>

(1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2. 山东科技大学 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东 青岛 266510; 3. 胜利油田 临盘采油厂, 山东 临邑 251507; 4. Geoscience Centre of the University of Göttingen, Goldschmidtstr 337077, Göttingen, Germany)

**摘要:**基于断裂构造形成的力学分析,通过对三维地震数据体的水平切片及剖面的解译、区域构造图的编制,系统研究惠民凹陷西部深层(基底、孔店组-沙四段(Ek-Es<sub>4</sub>))断裂样式,并对其组合特征、分布规律、活动性质及对古近纪原型盆地形成的影响进行分析,探讨断裂成因、古近纪原型盆地的性质及对油气藏形成的控制作用。结果表明:惠民凹陷西部深层断裂样式可划分为走滑成因断裂样式与伸展成因断裂样式两种类型;基底断裂样式的形成与燕山末期郯庐断裂的左行走滑及鲁西隆起的逆时针旋转趋势相关,孔店组-沙四段沉积期断裂样式与NNW向伸展及郯庐断裂等深大断裂右行走滑作用叠加密切相关;深层断裂样式的特点、分布及沉积特征反映惠民凹陷西部古近纪原型盆地形成过程与走滑作用密切相关,盆地原型应为走滑-伸展型盆地,而非单一的伸展型盆地;深层断裂样式不仅控制了盆地的内部结构,也控制了砂体的分布,并为油气向缓坡带运移提供了通道,从而最终控制了深层油气藏的形成。

**关键词:**断裂样式; 盆地原型; 惠民凹陷西部; 渤海湾盆地; 古近纪

**中图分类号:**TE 121.2 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1673-5005.2011.01.004

## Style of deep faulting and its control on the Paleogene basin evolved into the western Huimin depression, Eastern China

NI Jin-long<sup>1,2</sup>, LIU Jun-lai<sup>1</sup>, LIN Yu-xiang<sup>2</sup>, WANG Zhi-min<sup>3</sup>, HAN Zuo-zhen<sup>2</sup>, LI Yue<sup>2</sup>, CAO Shu-yun<sup>4</sup>

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Minerals, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China; 3. Linpan Oil Production Plant, Shengli Oilfield Company, Linyi 251507, China; 4. Geoscience Centre of the University of Göttingen, Goldschmidtstr 337077, Göttingen, Germany)

**Abstract:** Based on the mechanics analysis of fault formation, a systematic study of the fault styles of the deep part of the western Huimin depression, including the basin basement, the Kongdian group (Ek), and the fourth member of the Shahejie group (Es<sub>4</sub>), was carried out. The main features of faults within the depression, including their distribution, timing of activity, and their influence on the Paleogene basin that evolved into the western Huimin depression, were constrained by interpretations of horizontal slices and cross-sections of 3D seismic data, and the analysis of regional tectonic maps. Also the cause of fracture formation, the nature of the Paleogene prototype basin, and the control of faulting on the formation of oil-gas reservoirs were considered. The results reveal two types of deep fractures in the western Huimin depression, based on tectonic style: strike-slip and extensional. The formation of basement faults was related to sinistral strike-slip movement along the Tan-Lu fault and counter-clockwise rotation of the Luxi uplift during the late Yanshanian, and the fault style during Ek-Es<sub>4</sub> sedimentation was closely related to NNW-SSE extension and dextral strike-slip movement upon large deep-level faults (e.g., the Tan-Lu fault). The distribution and sedimentary characteristics of deep-level faults indicate that the formation of the Paleogene precursor basin in the western Huimin depression was closely related to strike-slip faulting, suggesting the precursor basin was a transtensional

收稿日期:2010-06-16

基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2009EQ002);山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室基金项目(DMSM201005);山东省高等学校优秀青年教师国内访问学者和优秀骨干教师国际合作培养项目;国家自然科学基金项目(90814006)

作者简介:倪金龙(1974-),男(汉族),安徽桐城人,副教授,博士,博士后,主要从事构造地质学相关教学与研究工作。

structure rather than a purely extensional structure. The style of deep-level faults controlled not only the internal structures of the basin, but also the distribution of sandy layers, which provided a pathway of oil and gas migrating toward areas with shallowly dipping beds, thereby ultimately controlled the formation of oil and gas reservoirs.

**Key words:** fault style; basin prototype; western Huimin depression; Bohai Bay Basin; Paleogene

原型盆地的形成是地质历史时期古应力场作用的结果,现今的古应力场模拟等手段很难恢复早期的应力场<sup>[1]</sup>,单纯的古厚度恢复能复原地质历史时期的盆地形态,但不能判断盆地成因。断裂样式是构造应力场作用的必然结果,通过对盆地中不同地区分布的断裂构造几何学特征研究及成因分析可以为古应力场的恢复提供帮助,结合其对沉积作用的控制分析可以为盆地原型的研究提供参考<sup>[2-4]</sup>。惠民凹陷西部由于蕴含丰富的油气藏而受到研究者的广泛重视,然而对于其古近纪盆地原型的研究尚存在一些争论<sup>[5-11]</sup>。古近纪盆地原型是伸展型盆地或为走滑-伸展盆地,这对于合理进行盆地深层油气资源规模评价具有非常重要的实际意义,而该问题的解决需要对盆地深层构造特征进行详细解读与成

因探讨。笔者通过对惠民凹陷西部深层,包括盆地基底、孔店组及沙四段(Ek-Es<sub>4</sub>)等层位不同区域剖面及三维地震数据体水平切片的解译,系统分析盆地深层断裂样式特征,结合其对沉积的控制作用探讨古近纪盆地原型的性质及对油气藏形成的影响。

### 1 区域地质概况

惠民凹陷位于渤海湾盆地南部,郯庐断裂带以西,南、北紧临鲁西隆起和埧宁隆起,东、西分别与东营凹陷、临清拗陷相邻,是在华北克拉通内发育的新生代断陷盆地。盆地经过复杂的构造演化形成了临南、滋镇、阳信和里则镇等4个次级注陷及林樊家凸起、中央隆起带等次级构造单元(图1)。盆地的基

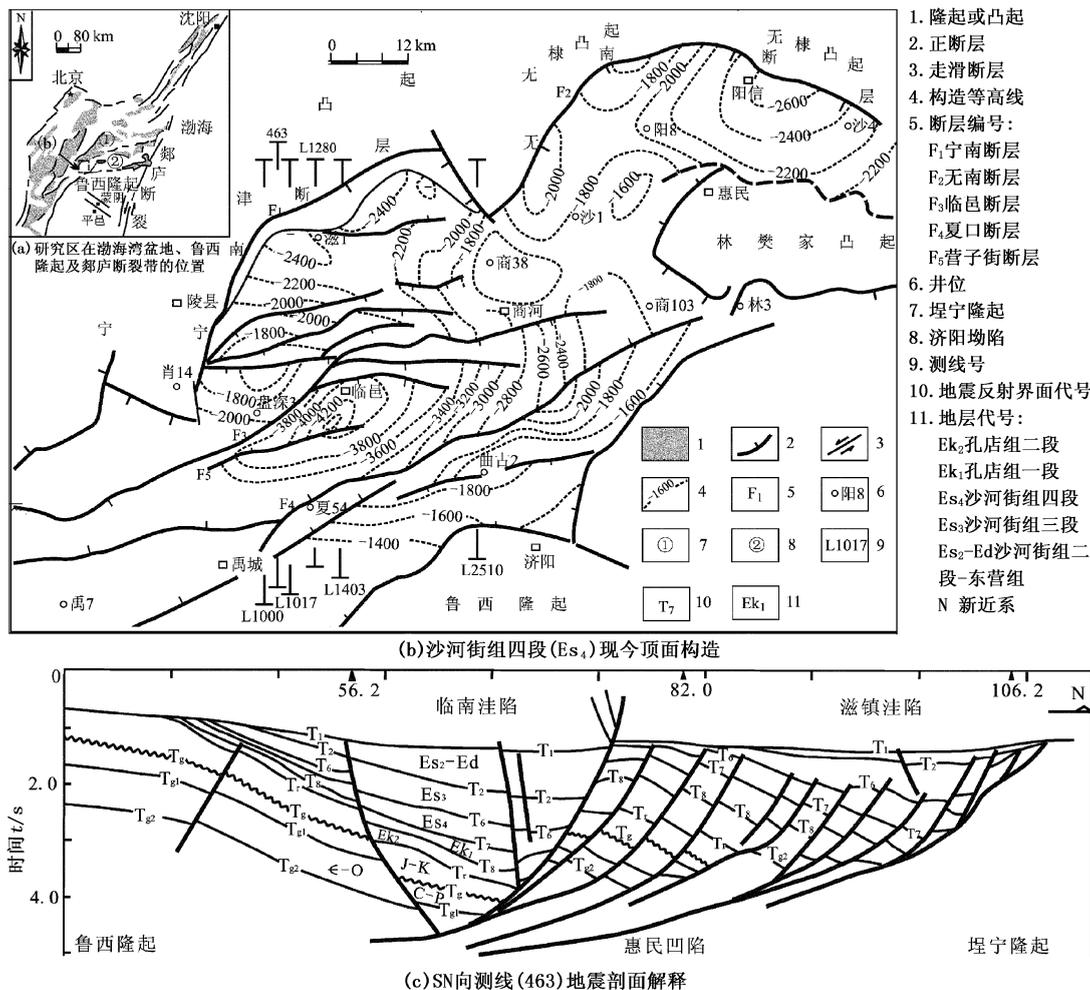


图1 惠民凹陷平面及剖面构造

Fig. 1 Plane and profile structure map about Huimin depression

底以古生代的海陆过渡相含煤建造、陆相碎屑岩、浅海相碳酸盐岩及中生代的陆相暗色砂泥岩为主。古近系是盆地主力烃源岩和重要储集体的分布层段,沉积了孔店组、沙河街组、东营组等地层。

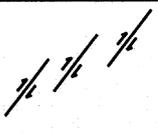
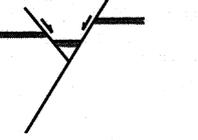
## 2 惠民凹陷西部深层断裂样式

### 2.1 断裂样式的类型与特征

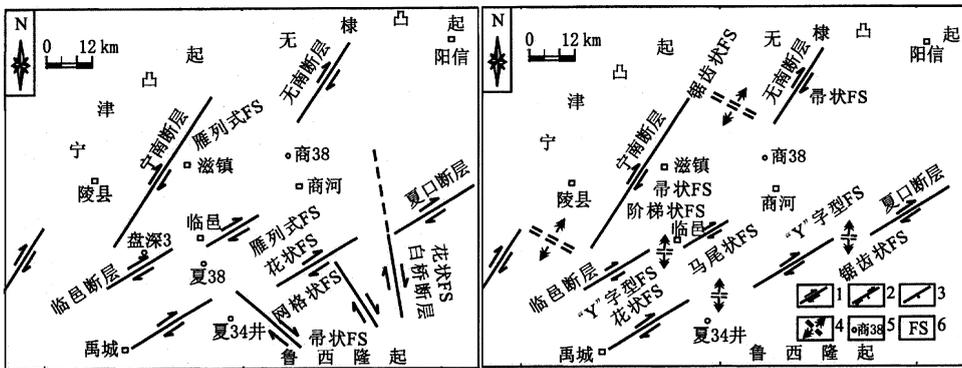
断裂构造的活动性质一般可通过其对沉积的控制作用、与同期活动断层在剖面及平面上的组合特征来体现。断裂构造活动性质的变化及活动的幕式特点,决定了断层组合样式的多样性与多变性。

复杂的断裂构造是惠民凹陷最为明显的构造特

征。通过三维地震资料解译及平面构造图编制,在弄清断层活动时间基础上,结合其形成机制对研究区断裂构造在平面与剖面上的组合特征进行了识别,在盆地基底、孔店组—沙四段共识别出8种断裂样式。基于脆性断裂形成的力学原理及盆地基底的相对均质性,可将其划分为走滑成因断裂样式及伸展成因断裂样式(图2)。断裂样式的类型与分布区域表明,研究区在燕山末期、孔店—沙四段沉积期,不仅存在伸展构造,而且还存在明显的走滑构造。在原型盆地形成过程中,不同区域断裂样式的类型与性质也不相同。

成因类型	平面几何特征		剖面几何特征
	①带状	②雁列状	③负花状
走滑成因断裂样式	 宁南断层、无南断层 (Ek <sub>2</sub> -Es <sub>4</sub> 顶部反射层构造图)	 盆地边界断层(基底)	 齐广断层、夏口断层 (L1403、L2510 基底、Es <sub>4</sub> )
	 惠民南坡基底 (2348ms 水平切片)	 盆地边界断层(Ek-Es <sub>4</sub> )	 临南洼陷(L1017 Ek-Es <sub>4</sub> )
伸展成因断裂样式	剖面几何特征		
	 临邑断层(L1000 Es <sub>4</sub> )	 宁南断层(L1000 Ek <sub>1</sub> -Es <sub>4</sub> )	 宁南断层、临邑断层 (L1280 Ek <sub>1</sub> -Es <sub>4</sub> )

(a) 断裂样式的平面与剖面组合几何特征



(b) 基底断裂样式类型与分布模式 (c) 孔店组-沙四段(Ek-Es<sub>4</sub>)断裂样式类型与分布模式  
 1.走滑断层; 2.走滑-正断层; 3.正断层; 4.正在形成的正断层及引张方向; 5.井位及井号; 6.断裂样式(缩写)

图2 惠民凹陷西部断裂样式几何特征与分布

Fig. 2 Geometry feature and distribution of faults structure style in western Huimin depression

### 2.2 基底断裂样式与走滑作用

基底断裂展布方向主要有 NE 向或近 NE 向、NNW 向及近 SN 向等。NE 向或近 NE 向展布的有宁南断层、夏口断层、齐广断层、曲堤断层及南坡一系列与夏口断层近平行断层;NNW 向展布的代表性断层为惠民南坡的白桥断层及其与之近平行的一系列断层;SN 向展布的断层大多集中惠民南坡以北地区(图 1、3)。

白桥断层等基底断裂剖面图上负花状断裂样式的发育体现了基底断裂走滑运动的性质。负花状构造不仅存在于 NNW 向的白桥断层<sup>[12-13]</sup>,在 NE 向的齐广断层、曲堤断层也清晰可见(图 3)。然而,通常较浅层次的负花状构造容易被后期的伸展构造所改造,而显示不出原始走滑构造的特征。齐广断层、曲堤断层的这种构造特征得以保留归因于惠民南坡新生代较弱的伸展作用。就现今的地震剖面而言,负

花状断裂样式的特征在夏口断层、临邑断层表现不明显,但如果去除新生代的沉积地层,并将因伸展作用而倾角变缓的断层旋转归位,夏口断层与临邑断层可显示现今齐广断层与曲堤断层类似的走滑性质(图 3)。由此可见,NE 向基底断裂的走滑作用强烈且普遍存在,这种走滑特征的保存由于新生代伸展作用的改造由南向北逐渐减弱。上述特征显示盆地北部边界宁南断层、无南断层的 NE 段在燕山运动末期可能已经开始活动,根据其后期“右列式”排列的特点,推测其具有右行走滑断层的性质,只是后期强烈伸展作用掩盖了其早期的走滑特征。

盆地基底 NNW 向、NE 向断层走滑作用的存在形成了一系列平面断裂样式,如雁列状断裂样式、网格状断裂样式及帚状断裂样式,其在盆地中的分布如图 2、3 所示。

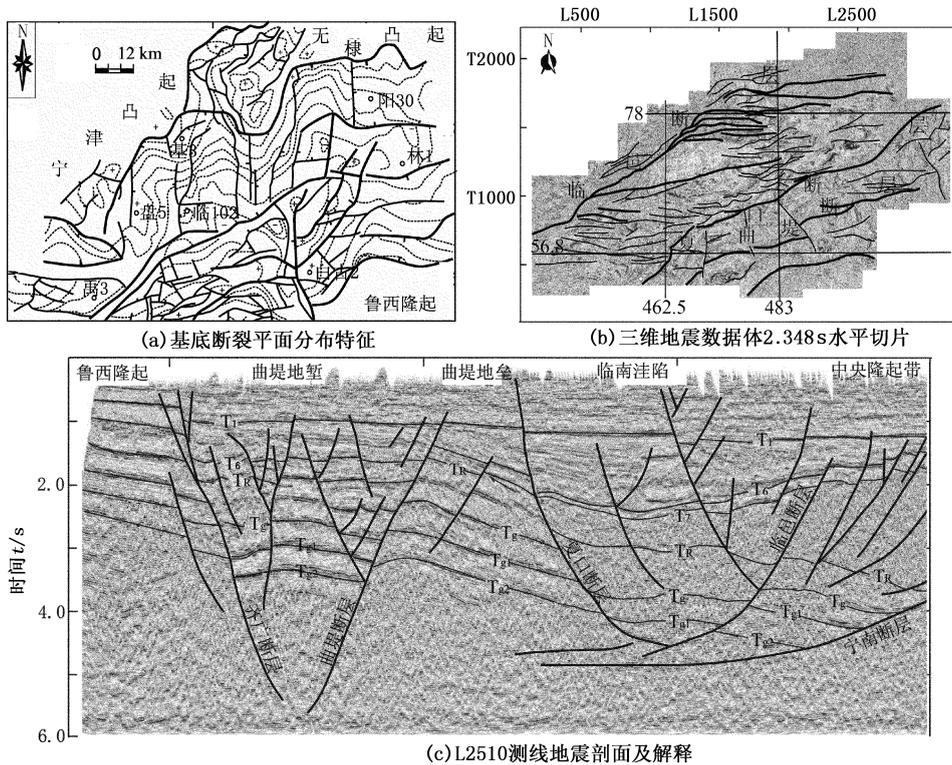


图 3 惠民凹陷西部基底断裂平面及剖面分布特征

Fig. 3 Distribution features on plane and profile map about basement faults in western Huimin depression

### 2.3 孔店组-沙四段断裂样式与走滑-伸展作用

孔店组-沙四段沉积期活动的主干断层主要有 NE、NEE 向的宁南断层、无南断层、夏口断层、临邑断层中西段及滋镇洼陷中的 EW 向断层。与基底断裂在剖面上的断裂样式相比,该时期断层在剖面上的样式类型更加丰富,主要的类型有负花状、“Y”字状、阶梯状、马尾状等,平面上则主要有锯齿状、帚状等类型(图 2)。断裂样式类型的改变表明了区域应

力场的改变。

该时期盆地的伸展作用已得到研究者的确认<sup>[14-15]</sup>,盆地中分布的阶梯状断裂样式、“Y”字状断裂样式等与之吻合。断裂样式与沉积中心展布特征表明该时期盆地虽以伸展作用为主,但走滑作用仍然存在,甚至有可能在原型盆地形成前期控制了伸展作用的进行。

孔二段沉积时期,北部的宁南断层 NW 段、南部

的夏口断层 EW 段开始活动,在其上盘接受了较厚的沉积(图 1、3),盆地边界断层完全贯通,形成锯齿状断裂样式,并在锯齿状部位形成多个沉积中心(图 4)。孔二段沉积期惠民凹陷西部沉积中心的形态呈 NNW 向展布,但是孔一段—沙四段沉积期盆地沉积中心形态呈现 NE 向展布的特点,其展布方向与主干断层延伸方向近于一致,且沉积中心明显向 SW 方向迁移(图 4)。这种沉积中心形态及方向改变的特点,一方面说明了宁南断层在该时期不断向 SW 向扩展,另一方面揭示了宁南断层等边界断

层存在右行走滑作用。右行走滑作用在盆地内部还形成了一系列与之成因相关的断层组合,如盆地南部的兴隆寺地区(L1017 测线)形成典型的“花状”构造,在盆地北部(滋镇洼陷)形成一系列近东西向延伸的断层(见于孔一段顶面、沙四段顶面构造图,其他层段顶面构造图不可见),以宁南断层为杆构成“帚状”断裂样式。走滑与伸展的双重作用在临邑断层(L1280 测线)形成马尾状断裂样式等(图 2、4)。

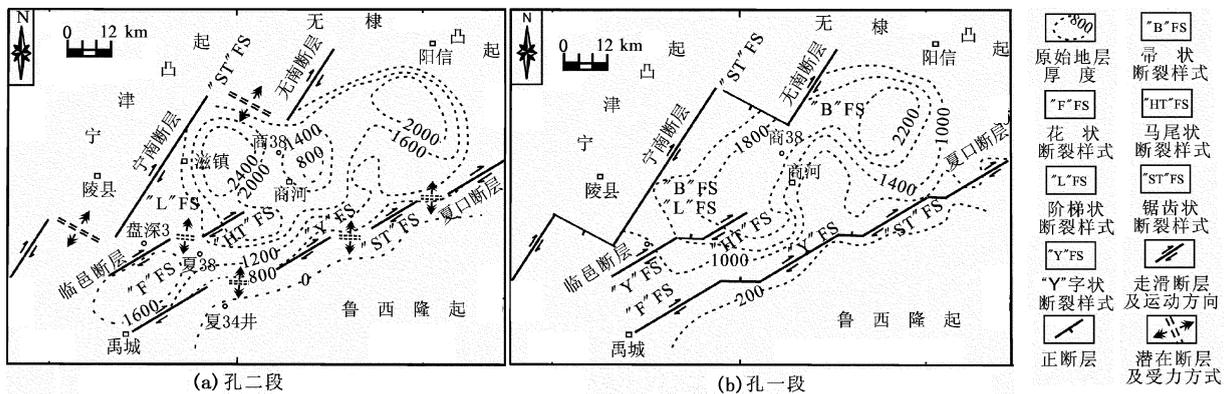


图 4 孔店组沉积期断裂样式及盆地形态

Fig. 4 Faults structure style and basin shape during Ek sedimentary period

### 3 断裂样式成因与盆地原型性质

惠民凹陷西部作为渤海湾盆地的一个构造单元,断裂活动、原型盆地的形成势必与渤海湾其他盆地一起共同受到区域构造背景的制约,但同时由于其紧邻鲁西隆起及郯庐断裂带,独特的大地构造位置又决定了其形成演化控制因素的复杂性与独特性。

#### 3.1 基底断裂样式成因

燕山末期,太平洋板块继承了燕山中期以来 NNW 向俯冲的特点,但速度有所减缓<sup>[16-17]</sup>。太平洋板块的俯冲造成郯庐断裂左行走滑,鲁西地块受到挤压,在向北楔入的同时可能伴随逆时针旋转趋势<sup>[18]</sup>。在多重应力场的作用下,鲁西地块内部继承性地发育了大量 NW 向或 NNW 向断裂,构成鲁西地区巨大的帚状断裂样式,该断裂样式可能向北延伸至惠民凹陷南坡,如白桥断层及其他 NW 向断层。由于鲁西地块的坚硬基底起到的阻隔作用,郯庐断裂左行走滑对惠民凹陷西部的影响减弱。盆地内部尤其是紧邻鲁西隆起的惠民南坡该时期可能主要受控于鲁西地块旋转趋势所产生的剪切应力场,形成了一系列 NE 向延伸的走滑断层,如齐广断层、曲堤

断层、夏口断层、临邑断层等,剖面上构成“花状”构造。该时期夏口断层及盆地北部的宁南断层和无南断层尚未形成现今的构造形态,可能主要以分段式排列为特征,构成雁列状断裂样式,并具有右行走滑的性质,这与鲁西隆起的逆时针旋转趋势相一致。惠民南坡 NE 向、NW 向断层基本同期形成,相互切割因而构成网格状断裂样式(图 5)。

#### 3.2 孔店组—沙四段断裂样式成因及盆地原型性质

太平洋板块向欧亚板块的俯冲方向及速度自 68.5 Ma 以来发生改变,孔二段沉积期间的汇聚速度由晚白垩世的 130 mm/a 下降为 78 mm/a,在孔一段—沙四段沉积期间进一步下降为 38 mm/a<sup>[19]</sup>。伴随着太平洋板块俯冲方向及速度的改变,整个渤海湾盆地进入了伸展阶段。与此同时,郯庐断裂进入右行走滑阶段<sup>[20-21]</sup>,但区域的伸展环境及板块汇聚速度的明显降低,决定了郯庐断裂及鲁西隆起的活动对研究区影响力的显著下降。伴随应力场的转换,前期挤压应力的释放及基底断裂活动可能也要影响到研究区断裂样式及盆地原型的形成。

图 4 表明,孔店—沙四段(Ek-Es<sub>4</sub>)沉积时期,研究区伸展作用明显增强,原始地层厚度等值线表

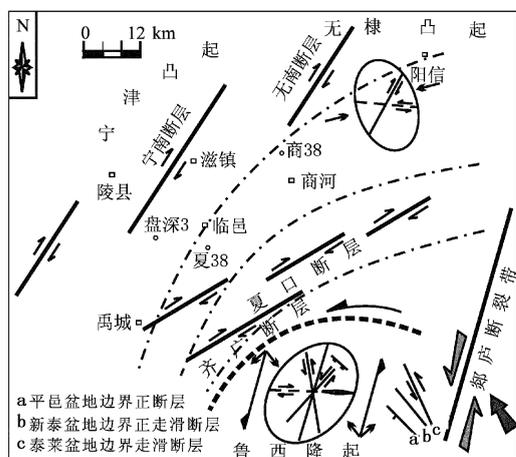
明,该时期盆地总体延伸方向为 NEE 向,说明可能存在 NNW 向的伸展作用。尽管研究区处于盐山-兰聊断裂及郟庐断裂夹持的右行走滑应力场中,但由于渤海湾盆地及断裂带均处于伸展环境,深大断裂的走滑引起的拉分作用可能并不占主导地位。这种 NNW 向伸展作用的成因存在两种可能,一是燕山末期 NNW 向挤压应力场的释放,二是整个渤海湾盆地区域伸展的一个分量。

研究区 NNW 向的伸展作用使前期形成的 NE 向、NEE 向的基底断裂产生反转,在形成正断层及走滑断层的同时,叠加了郟庐断裂等深大断裂右行走滑的影响,使得 NE 及 NEE 向断层走滑作用进一步增强(图 5)。

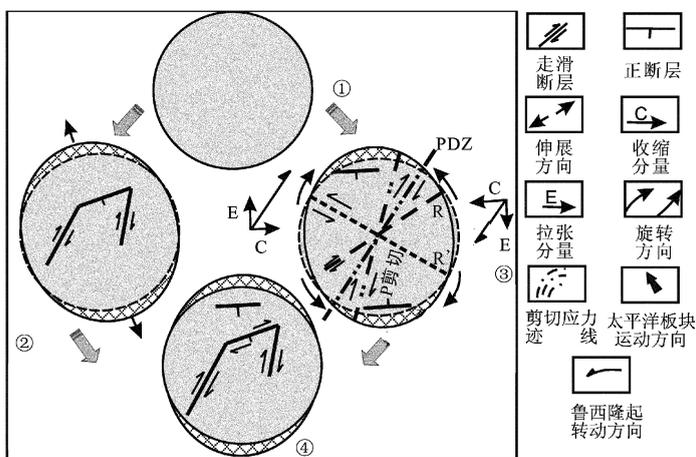
走滑与伸展的双重影响使该地区前期 NE、NEE

向延伸的雁列状断裂系在其近叠置部位相互连通,形成 EW 向或近 EW 向张性断裂,如宁南断层、夏口断层的 EW 段,因而形成该时期锯齿状断裂样式,并在 EW 向断层上盘形成多个沉积中心。走滑作用造成盆地边界断层的完全连通使孔一段—沙四段沉积期盆地沉积中心的形态发生改变,并形成一系列走滑和伸展断裂样式,如帚状、马尾状、阶梯状等。

惠民凹陷西部原型盆地在形成过程中,控盆的边界断裂及盆内的主干断裂在具备伸展性质的同时叠加了走滑作用,断裂活动的早期甚至可能走滑作用大于伸展作用。控盆断裂及盆地内部主干断裂的这种性质说明惠民凹陷西部盆地原型性质并非单一的伸展型盆地,而是与走滑作用密切相关的走滑-伸展型盆地。



(a) 燕山末期郟庐断裂左行走滑与基底断裂构造样式的形成



(b) 孔店组-沙四段沉积期NNW-SSE向区域伸展和郟庐断裂右行走滑作用叠加引起的走滑-伸展变形模式

注: ①为未变形前的平面圆标志; ②为NNW-SSE向伸展形成的平面应变椭圆及伸展断裂和走滑断层方向; ③为郟庐断裂右行走滑形成的平面应变椭圆及断层方向; ④为NNW-SSE向伸展与NEE向郟庐断裂右行走滑作用叠加形成的走滑-伸展变形的平面应变椭圆。

图5 惠民凹陷西部深层断裂样式成因分析

Fig. 5 Formation cause about the deep fault styles in western Huimin depression

### 3.3 断裂样式对油气藏形成的影响

构造控盆,盆地控相,相势控藏。惠民凹陷西部深层断裂的走滑与伸展活动,以及同期断裂之间相互组合构成多样的断裂样式对于油气藏的形成势必有着重要的影响。

原型盆地形成早期,主干断裂的走滑作用可能大于伸展作用,宁南断层、无南断层、夏口断层等边界断层以走滑运动为主。边界断层组合样式经历了由雁列式向锯齿状断裂样式的转换,两条断层叠接部分的引张力及断块自身的重力作用一方面使盆地边界断层贯通,形成盆地的雏形,另一方面在盆地中形成多个洼陷带、缓坡带及凸起带等次一级构造单元,如北部宁南断层上盘的滋镇洼陷带、无南断层上盘的阳信洼陷带、夏口断层上盘的洼陷带等(图 6);

伴随洼陷带形成的是洼陷带之间的凸起带,如滋镇洼陷带与阳信洼陷带之间的商 38 井区凸起带;走滑运动及可能稍后增强的伸展运动在宁南断层上盘形成了阶梯状断裂样式及帚状断裂样式,这两种断裂样式的发育一方面促进滋镇洼陷带进一步扩展,另一方面也有利于沿临邑-商河方向形成斜坡带。洼陷带的形成为生油层的发育提供了场所,斜坡带与凸起带是油气运移聚集的重要指向地带。

断裂样式的发育不仅控制了盆地的结构,也控制了物源方向及砂体在盆地中的展布。盆地边界锯齿状断裂样式的形成,使宁南断层、无南断层等 NE 向断裂叠置的部位成为物源向湖泊推进的通道,斜坡带上帚状断裂的切割所形成的沟槽使砂体沿缓坡带的走向推进,从而为油气藏的形成提供了大量的

储集空间。

伴随着走滑作用的减弱及伸展作用的加强,夏口、临邑主断层带附近形成一系列“Y”字状断裂、马尾状断裂等伸展型断裂样式,这些断裂与前期走滑作用形成

的花状断裂(如兴隆寺地区)、帚状断裂等一起,对临南洼陷带、滋镇洼陷带深层油气向浅部的缓坡带和凸起运移起到了重要的通道作用。这与目前已探明的研究区深层( $E_{s4}$ )油气藏的分布范围相吻合。

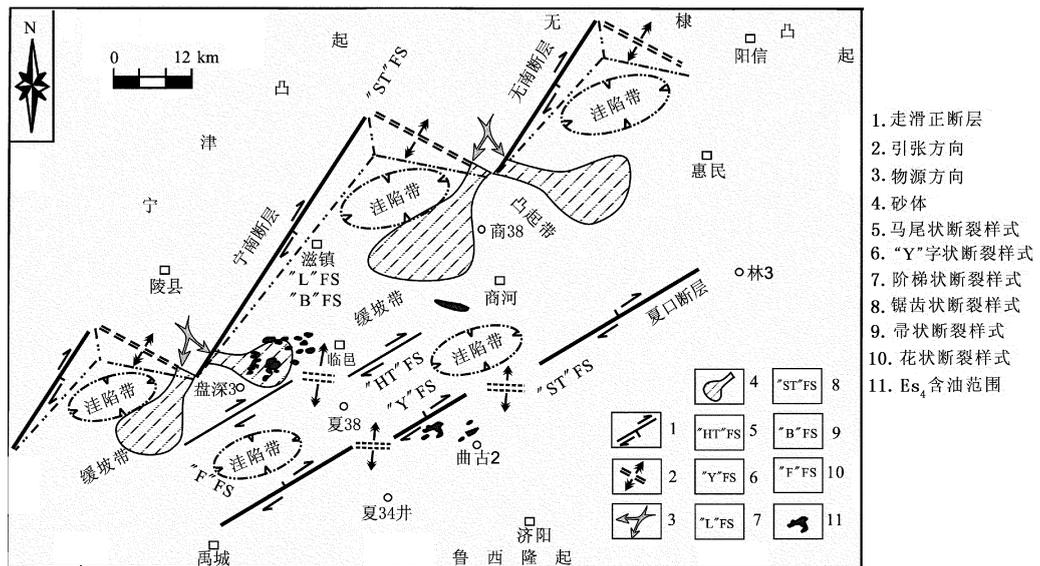


图6 惠民凹陷深层断裂样式对油气藏形成的控制作用模式图

Fig. 6 Effect of deep fault styles on the formation of hydrocarbon reservoir in Huimin depression

## 4 结论

(1) 根据平面与剖面组合特征,研究区深层断裂样式可划分为走滑成因断裂样式、伸展成因断裂样式,其在平面和剖面上表现为8种类型。其中,平面上的类型有网格状、雁列式、锯齿状、帚状,剖面上的类型有“Y”字状、阶梯状、马尾状及负花状等。

(2) 深层断裂样式的特点、分布及沉积特征说明惠民凹陷西部古近纪原型盆地形成过程与走滑作用密切相关,盆地原型应为走滑-伸展型盆地,而非单一的伸展型盆地。

(3) 基底断裂样式的形成与燕山末期郯庐断裂的左行走滑及鲁西隆起的逆时针旋转趋势相关;孔店组—沙四段沉积期断裂样式与原型盆地的形成与NNW向伸展作用及郯庐断裂等深断裂右行走滑作用叠加密切相关。

(4) 惠民凹陷深层断裂样式不仅控制了盆地的内部结构,也控制了砂体的分布,并为油气向缓坡带运移提供了通道,最终对油气藏的形成产生了重要影响。

**致谢** 中国地质大学(武汉)任建业教授提供了部分基础资料,桂林理工大学汪劲草教授提出了修改意见,在此深表感谢!

## 参考文献:

- [1] 杜玉民. 夏口断层对临南斜坡区油气分布及运移方向的影响[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(5): 525-528.  
DU Yu-min. Effect of Xiakou fault on field distribution and petroleum migration in Linnan slope area [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 26(5): 525-528.
- [2] 侯青, 赵健, 回春, 等. 惠民凹陷构造应力场与油气运聚模拟分析[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(1): 62-65.  
HOU Qing, ZHAO Jian, HUI Chun, et al. Simulation analysis of the tectonic stress field and the oil-gas migration-accumulation in Huimin sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13(1): 62-65
- [3] 刘和甫. 沉积盆地地球动力学分类及构造样式分析[J]. 地球科学, 1993, 8(6): 699-724.  
LIU He-pu. Dynamic classification of sedimentary basins and their structural styles [J]. Earth Science, 1993, 18(6): 699-724.
- [4] HANDING T P, LOWELL J D. Structural styles, their plate tectonic habitats and hydrocarbon traps in petroleum provinces [J]. AAPG Bulletin, 1979, 63(7): 1016-1058.
- [5] 漆家福, 张一伟, 陆克政, 等. 渤海湾盆地新生代构造演化[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1995, 19(增刊): 1-6.

- QI Jia-fu, ZHANG Yi-wei, LU Ke-zheng, et al. Cenozoic tectonic evolution in Bohai Bay Basin province [J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 1995, 19(sup): 1-6.
- [6] 吴智平, 李伟, 任拥军, 等. 济阳拗陷中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨 [J]. 地质学报, 2007, 77(2): 208-286.
- WU Zhi-ping, LI Wei, REN Yong-jun. Basin evolution in the Mesozoic and superposition of Cenozoic basin in the area of the Jiyang depression [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 77(2): 208-286.
- [7] 李丕龙. 富油断陷盆地气环状分布与惠民凹陷勘探方向 [J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 146-148.
- LI Pei-long. Zonary distribution of hydrocarbon in oil enriched rifted basins and exploration direction in the Huimin sag [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2001, 23(2): 146-148.
- [8] 姜素华, 边凤青, 王鹏. 惠民凹陷孔店期盆地原型格架对油气成藏的影响 [J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(3): 483-489.
- JIANG Su-hua, BIAN Feng-qing, WANG Peng. Impact of basin prototype structure in Kongdian stage on petroleum accumulation in Huimin depression [J]. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39(3): 483-489.
- [9] 谭明友. 渤海湾盆地东营-惠民凹陷孔店期原型盆地分析 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 348-352.
- TAN Ming-you. Analysis of the early tertiary prototype basin in the Dongying-Huimin sags of the Bohaiwan Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(4): 348-352.
- [10] 郑德顺, 吴智平, 李凌, 等. 惠民凹陷中生代和新生代断层发育特征及其对沉积的控作用 [J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2004, 28(5): 6-13.
- ZHENG De-shun, WU Zhi-ping, LI Ling, et al. Development characteristic of faults in Mesozoic and Cenozoic of Huimin sag and its control to sediment [J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2004, 28(5): 6-13.
- [11] 朱志强, 高先志, 曾溅辉. 惠民凹陷西南缓坡带断层的封闭性 [J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2009, 33(4): 1-5.
- ZHU Zhi-qiang, GAO Xian-zhi, ZENG Jian-hui. Fault sealing of south-west gentle slope belt in Huimin depression [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2009, 33(4): 1-5.
- [12] 刘冠德, 夏斌, 于俊峰. 惠民凹陷南坡北北西向走滑断裂带的发育特征及成因分析 [J]. 大地构造与成矿学, 2007, 33(2): 168-173.
- LIU Guan-de, XIA Bin, YU Jun-feng. Features and origin of the nnw strike-slip faults on the southern slope of Huimin sag [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2007, 33(2): 168-173.
- [13] 时秀朋, 李理. 鲁西隆起中-新生代伸展构造演化的模拟试验 [J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2010, 34(3): 25-33.
- SHI Xiu-peng, LI Li. Modeling experiments of structural evolution since late Mesozoic in west Shandong uplift, China [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2010, 34(3): 25-33.
- [14] 王纪祥, 陈发景, 李趁义. 山东惠民凹陷伸展构造及调节带特征 [J]. 现代地质, 2003, 17(2): 203-209.
- WANG Ji-xiang, CHEN Fa-jing, LI Chen-yi. Character of the extensional structures and accommodation zones in the Huimin depression, Shandong province [J]. Geoscience, 2003, 17(2): 203-209.
- [15] 任建业. 渤海湾盆地东营凹陷 S6' 界面的构造变革意义 [J]. 地球科学, 2004, 29(1): 69-76.
- REN Jian-ye. Tectonic significance of S6' boundary in Dongying depression, Bohai gulf Basin [J]. Earth Science, 2004, 29(1): 69-76.
- [16] LI Z X, LI X H. Formation of the 1300 km-wide intercontinental orogen and postorogenic magmatic province in Mesozoic South China: a flat-slab subduction model [J]. Geology, 2007, 35(2): 179-182.
- [17] 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(1): 121-142.
- [18] 刘泽容, 楚泽涵, 王孝陵. 冀鲁帚状构造体系应力场的初步数学模拟 [J]. 石油与天然气地质, 1983, 4(2): 181-191.
- LIU Ze-rong, CHU Ze-han, WANG Xiao-ling. Preliminary mathematical simulaton of Hebei-Shandong brush-structural stress field [J]. Oil & Gas Geology, 1983, 4(2): 181-191.
- [19] NORTHROP C J, ROYDEN L H, BURCHFIELD B C. Motion of the Pacific plate relative to Eurasia and its potential relation to Cenozoic extension along the eastern margin of Eurasia [J]. Geology, 1995, 23(8): 719-722.
- [20] 陆克政, 漆家福, 戴俊生, 等. 渤海湾新生代含油气盆地构造模式 [M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [21] REN Jianye, KEENSAKU Tamaki, LI Sitian, et al. Late Mesozoic and Cenozoic rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas [J]. Tectonophysics, 2002, 344: 175-205.