地 质 科 学
2009 年 7 月 CHINESE JOURNAL OF GEOLOGY 44(3):855—864

潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带新生代走滑特征*

李 理[1] 谭明友[2] 张明振[2] 胥 颐[3] 李志伟[3]
时秀朋[1] 宫红波[1] 唐智博[1] 胡秋媛[1]

(1. 中国石油大学(华东) 山东东营 257061; 2. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司物探研究院 山东东营 257022; 3. 中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029)

摘 要 横切潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带的地震反射剖面和断裂带内的凹陷断层、沉积相和油气特征,直接或间接显示了郯庐断裂带的延伸、运动性质和活动时限。郯庐断裂带在海域和陆上的几何形态及其组合基本一致,根据切过断裂带的剖面和平面上断层的组合特征,判断其为兼具垂直位移的走滑运动断层系。走滑断裂带的活动控制着凹陷内同构造沉积以及构造样式,表明郯庐断裂带的活动时限具分段性,相当于渤海湾盆地孔店组($E_{1-2}k$)—沙四段($E_{2-3}s^4$)沉积期(古新世—早始新世)—孔店组—沙二段($E_{2-3}s^2$)沉积期(古新世—始新世)—孔店组—沙一段($E_{2-3}s^1$)(古新世—渐新世)沉积时期,走滑拉分活动由南向北迁移;活动方式也由古新世—早始新世的左旋走滑活动,被早始新世之后的右旋走滑活动所替代。

关键词 郯庐断裂带 新生代 走滑性质 渤海湾盆地
中图分类号:P542 **文献标识码**:A **文章编号**:0563-5020(2009)03-855-10

郯庐断裂带是中国东部一条十分重要的断裂带,对中国东部乃至亚洲大地构造演化有着重要影响(Xu et al.,1987)。自 1957 年航磁大调查确定其存在至今半个多世纪郯庐断裂一直是地学研究的热点,大量的研究主要集中在几何学、运动学性质和位移量、活动时限、动力学背景及对油气成藏和地震活动的制约等(Okay and Sengör, 1992; Yin and Nie, 1993; 万天丰等, 1996; Zhang, 1997; 朱光等, 2003; 韩文功等, 2005)。研究结果普遍认为郯庐断裂带中段最早形成于三叠纪,由华北板块和华南板块的碰撞产生平移断层(Okay and Sengör, 1992; Yin and Nie, 1993),且左行走滑运动贯穿侏罗纪和白垩纪早期(Yin and Nie, 1993)。

郯庐断裂带中段沂沭断裂带从潍坊向北延伸入海,和北段营潍断裂带相接,相接段同时又是海陆过渡部分,由于被覆盖及部分位于海域的原因,研究程度相对较低。但对其新生代活动有以下几种认识:古新世—早始新世为左旋走滑(李晓清, 2002; 韩文功等, 2005); 古新世—始新世为伸展断层(吴时国等, 2006),右旋走滑(蔡东升等, 2001)。郯庐断裂带被认为是渤海湾盆地的边界断层,对盆地油气藏的形成具有直接或间接的制约,探讨郯庐断裂带海陆过渡带新生代的走滑特征、揭示其演化规律、活动时限

* 国家自然科学基金项目(编号:40772132)资助。
李 理,女,1967 年生,博士,教授,构造地质学及石油地质学专业。E-mail:lily@hdpu.edu.cn
2008-11-03 收稿,2008-12-29 改回。

万方数据

及其与盆地的关系，具有一定的理论和实际意义。

1 地质背景

郯庐断裂中段的山东段称为沂沭断裂（因位于山东省沂河和沭河之间得名），由东至西又由4条断层组成（图1），分别为昌邑—大店断层（F_1）、安丘—莒县断层（F_2）、沂水—汤头断层（F_3）和郯部—葛沟（F_4）断层。沂沭断裂从潍坊地区北延进入渤海，向北延

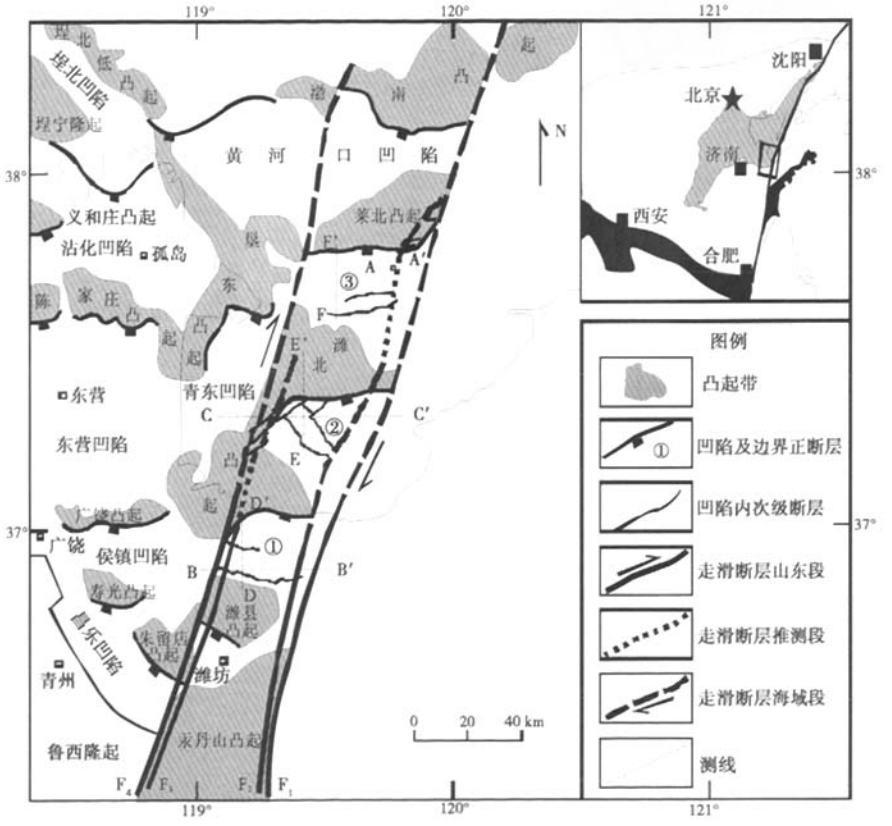


图1 潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带构造略图

①. 潍北凹陷；②. 青东东凹陷；③. 莱州湾凹陷

Fig. 1 A simplified structural map showing the Weibei Sag-Laizhouwan Sag across the Tancheng Lujiang Fault Zone

伸入辽东湾，为郯庐断裂北段营潍断裂带。沿郯庐断裂带中段—北段海陆交接部分发育一系列菱形凹陷，由南向北依次为潍北凹陷、青东东凹陷和莱州湾凹陷。凹陷东侧为鲁东隆起，由太古宙花岗质片麻岩构成；西侧为昌潍坳陷、济阳坳陷，由太古宇、古生界、中生界潜山和古新世—早始新世孔店组、始新世—渐新世沙河街组和东营组、中新世馆陶组和上新世明化镇组和更新世平原组及第四系构成。3个凹陷与两侧地层发育不同，自身也各不相同（表1）：潍北凹陷内新生界发育古近系古新世—早始新世孔店组、始新世沙四段、中新世馆陶组、上新世明化镇组和第四系；青东东凹陷古近系与潍北凹陷不同，除孔店组和沙四段外，还发育始新世沙三-二段；而莱州湾凹陷新近系发育孔店组和沙

万方数据

表 1　潍北—莱州湾凹陷新生界特征

Table 1　Cenozoic characteristics of the basin along the Weibei-Laizhouwan Fault Zone

地质时代	年龄/Ma	地层					
		潍北凹陷		青东东凹陷		莱州湾凹陷	
更新世	2.0	平原组 (N_3p)		平原组 (N_3p)		平原组 (N_3p)	
上新世	5.3	明化镇组 (N_2m)		明化镇组 (N_2m)		明化镇组 (N_2m)	
中新世	24.6	馆陶组 (N_1g)		馆陶组 (N_1g)		馆陶组 (N_1g)	
渐新世						东营组 E_3d	一段 (E_3d^1)
							二段 (E_3d^2)
	32.8						三段 (E_3d^3)
始新世		沙河街组 $E_{2+3}s$		沙河街组 $E_{2+3}s$		沙河街组 $E_{2+3}s$	一段 ($E_{2+3}s^1$)
	38				二段 ($E_{2+3}s^2$)		二段 ($E_{2+3}s^2$)
	43				三段 ($E_{2+3}s^3$)		三段 ($E_{2+3}s^3$)
	50.4		四段 ($E_{2+3}s^4$)		四段 ($E_{2+3}s^4$)		四段 ($E_{2+3}s^4$)
		孔店组 $E_{1+2}k$	一段 ($E_{1+2}k^1$)	孔店组 $E_{1+2}k$	一段 ($E_{1+2}k^1$)	孔店组 $E_{1+2}k$	一段 ($E_{1+2}k^1$)
	55.8		二段 ($E_{1+2}k^2$)		二段 ($E_{1+2}k^2$)		二段 ($E_{1+2}k^2$)
古新世			三段 ($E_{1+2}k^3$)		三段 ($E_{1+2}k^3$)		三段 ($E_{1+2}k^3$)

四-二段外,还发育渐新世沙一段-东营组。新生界区域构造变动界面主要有 2 个:一是沙三段与沙四段之间的微角度不整合,亦即济阳运动(陈嘉树, 1993),二是古近系与新近系之间的角度不整合。

2　潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带几何学特征

横切郯庐断裂的东西向地震剖面上显示断层陡倾和典型的花状构造,如潍北凹陷郯庐断裂东支 F_1 和 F_2、断层西支 F_3、F_4,海域郯庐断裂带青东东凹陷和莱州湾凹陷东界 F_1,以及青东东凹陷中的东支 F_2 断层、西支 F_3 和 F_4 (图 2),其中西支断层在青东东凹陷海域段 (图 2c)的特征与潍北凹陷陆上段 (图 2b)相似,倾角没有东支陡,似乎不存在典型的花状构造;走滑断层两盘反射特征明显不同,通常西盘盖层发育,反射特征明显,至少存在 5 个反射界面,东盘相反,仅存在新近系 (图 2);盖层厚度突变,西盘厚度大,东盘小,且不同层位断距相差很大 (图 2)。

新近开展的横切郯庐断裂中段—北段过渡段并分别过潍北凹陷、青东东凹陷和莱州湾凹陷的 3 条地震剖面揭示,郯庐断裂带东支和西支在深达 20 km 乃至 50 km 仍然陡立、平直,两侧的高阻体与低阻体界限分明,呈现出典型的走滑断层样式(宋国奇, 2007),尽管前述西支在浅部地震剖面中倾角较缓,似乎不是走滑断层,但在深部仍然是平直陡倾的走滑断层。

平面上东支 F_1 和 F_2 2 条断层走向北北东,且长而直可连续追踪;西支断层走向亦为北北东,切过西支断层的不多,连续性稍差 (图 1)。夹持在郯庐断裂带中的凹陷内,发育一系列平行的走滑带或与其垂直或斜交的伸展断层,侧列或呈雁列状,为郯庐断裂带

万方数据

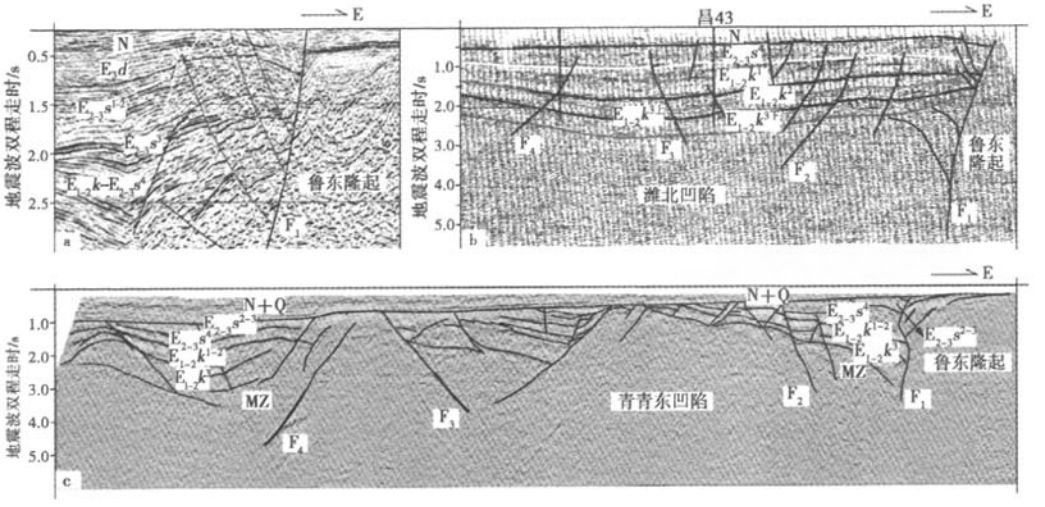


图 2 横切郯庐断裂带的地震剖面

测线位置见图 1，a. A-A′；b. B-B′；c. C-C′

Fig. 2 Seismic profiles across the Tancheng-Lujiang Fault Zone(location of line A-A′, B-B′ and C-C′ see Fig. 1)

走滑(拉分)活动的伴生产物。其中伸展断层在潍北凹陷及青东东凹陷主要为北西—北西西向，在莱州湾凹陷主要为北东东—近东西向（图 1）。在地震层析成像图（图 3a）上，北北东走向的郯庐断裂在中段—北段过渡段 34 km 莫霍面处清晰可见，将断裂两侧块体截然分开，西侧为高速体，东侧为低速体。在深度 77 km 岩石圈底部（图 3b），郯庐断裂带依然清晰可见，但延伸方向由北北东向变为北东向。剖面上，穿越郯庐断裂带（图 3c）潍北—莱州湾凹陷段在 5 ~ 40 km 深处显示低速异常，与郯庐断裂带中段（图 3d）相同，暗示郯庐断裂带沂沭段延伸到海域深部存在热的、低密度的物质。

3 潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带的运动学特征及活动时限

从潍北凹陷—青东东凹陷—莱州湾凹陷，横切郯庐断裂带的地震剖面（图 2）显示，断裂带西盘为地堑或半地堑，发育其中的古近系最新地层分别为沙四段、沙二段和东营组，层位由老变新，钻井资料也证实了相同的变化特点。这种双断地堑或东断西超半地堑的构造格局反映了同构造沉积的特点，即(半)地堑的形成与断裂带活动过程中的垂向运动分量有关系；新近系则覆盖了潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂中段—北段过渡带（图 2）。3 条控制半地堑新生代沉积的北边界断层(潍河口断层、莱南断层和莱北断层)均为北西—近东西向南倾的张剪性正断层（图 1，图 4），这些控凹断层自古近纪开始活动，应该是郯庐断裂走滑作用的结果。

平面上潍北—莱州湾凹陷古近纪均为北西向半地堑（图 1），按照应变椭球理论分析，最大主应力为北西—南东向(Ramsay and Lisle, 2000)，毋庸置疑，3 个凹陷都是郯庐断裂带夹持的半地堑，该主应力在主断裂带上的剪切分量应该是左旋剪切力，亦即郯庐断裂在古近纪的走滑活动为左行走滑。南北向地质剖面反映出 3 个凹陷在古近纪均为北断南超的半地堑（图 4），这点在潍北—莱州湾凹陷的孔店组—沙四段沉积时期尤为明

万方数据

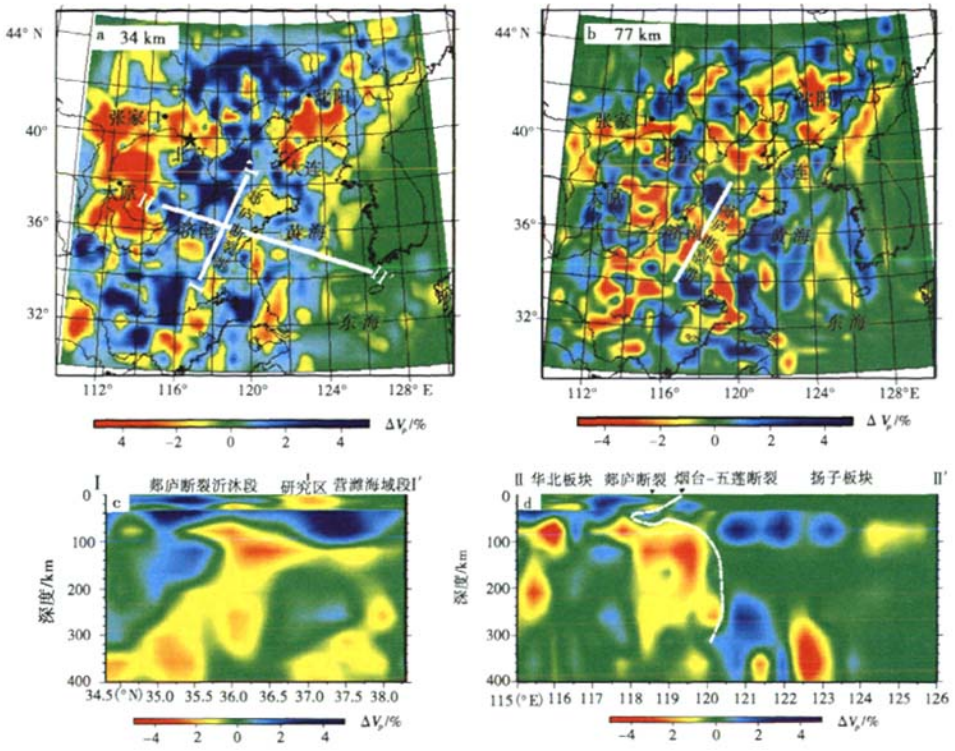


图 3　地震层析成像中的郯庐断裂带(Ⅰ-Ⅰ′及 Ⅱ-Ⅱ′位置见图 3a)

Fig. 3　Seismic tomography image and cross-P-velocity section(profiles shown in Figure3a)

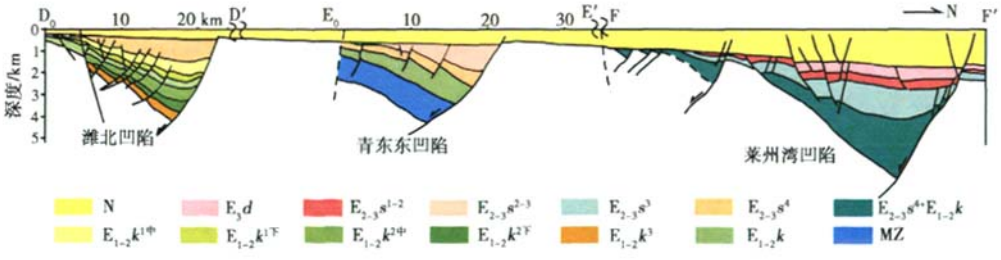


图 4　潍北凹陷—青东东凹陷—莱州湾凹陷南北向剖面图

D-D′、E-E′源自地震剖面时深转换,F-F′据(蔡东升, 2001); 剖面位置见图 1

Fig. 4　NS-geological profile along the Weibei-Qingdongdong-Laizhou Bay Sags(profile location see Fig. 1)

显,也反映了新生代初期郯庐断裂为左旋走滑活动,并与中生代郯庐断裂的左行走滑(徐嘉炜, 1980)及控制的鲁西地区北西向北断南超半地堑(宗国洪等, 1999;李三忠等, 2005)是一致的。

早始新世之后,潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带活动呈现出新的特点。在南部潍北凹陷段,郯庐断裂带早始新世停止走滑拉分活动后,受济阳运动影响一直处于抬升剥蚀阶段,直到渐新世末期才重新活动,沿着断裂发生的走滑挤压作用形成了北西向延伸的断

万方数据

鼻构造带(程有义等, 2004),其轴向与 F_1 交角为 45°,指示右旋走滑活动。始新世沙三期,郯庐断裂带的走滑活动使青东东地区经历了又一次强烈的拉分伸展,形成了与下伏沙四段之间明显的反射界面,其下沙四段同相轴被明显削截为角度不整合接触,尤其是 F_1 断层,所控制的西盘沉积了巨厚的沙三-沙二段,具明显的东断西超格局 (图 2c),在南北向剖面上,则呈现出北断南超半地堑样式 (图 4)。平面上,北东向的右旋走滑断层将早期形成的北北东向走滑断层和北西向正断层错开 (图 1),表明郯庐断裂带自沙三期始已转为右旋走滑活动。莱州湾凹陷,东西向剖面上沙三段-沙四段反射界面之下沙四段同相轴被明显削截,东支 F_1 仍然明显地控制着沙三段沉积,构造样式为负花状构造 (图 2a);伴随走滑活动,一系列次一级的北东东—近东西向盖层断层 (图 1)顺序形成,从南向北发育(蔡东升等, 2001),剖面上形成阶梯状或"包心菜式",这似乎与郯庐断裂走滑拉分作用的由南向北迁移有关。在莱州湾凹陷的东北部显示一条北东向的走滑断层,分析为郯庐断裂带 F_2 的延伸,其旁侧雁列正断层与其锐夹角指示其运动方向为右旋走滑 (图 1)。

新近纪,郯庐断裂仍然为右旋走滑挤压活动,活动强度与古近纪相比可能较弱,在断裂带西侧,如青东东凹陷西侧济阳坳陷的桩海地区,新近系中发育大量的正断层,剖面上呈阶梯状或多级 Y 字形("包心菜"式),平面上呈雁列状(张明振等, 2006)。后期走滑活动逐渐增强,第四纪晚期以来东支仍有明显的右旋走滑活动,发育生长褶皱(王志才等, 2006)。

3 个凹陷的古近纪火山岩和沉积相特征反映了拉分盆地的特征,也印证了郯庐断裂带新生代的走滑特征。如潍北凹陷于新生代古新世孔三期开始发育,有大规模多期火山活动和火山岩,具有大陆裂谷盆地特征,古地温梯度高(邱楠生等, 2003;程有义等, 2004),孔二期除北界边缘断层及郯庐断裂东支和西支附近为冲积扇和扇三角洲外,大部分范围为快速沉降的半深湖-深湖沉积,沉积相变快;孔店组沉积时期沉积中心和砂体由北向南迁移,厚度变化大,北厚南薄,北部最大厚度超过 4 000 m。又如莱州湾凹陷,在晚白垩世—早始新世为初始拉分期,始新世孔二期-沙三期为强烈拉分期,郯庐断裂东支和西支陡坡为泥岩与砂砾岩互层的近岸水下扇,快速过渡到深洼陷处的暗色泥岩深湖相(孙景耀等, 2006)。上述符合走滑拉分盆地的形成和演化。

从油气特征看, 3 个凹陷的成油气系统由南向北迁移。烃源岩南老北新,潍北凹陷主力烃源岩为孔二段,青东东凹陷为孔二段和沙四段,而莱州湾凹陷则为孔二段和沙四段上部-沙三段(蔡东升等, 2001);储盖层发育期、油气运聚时期以及关键时期也是南早北晚。这些变化是新生代的构造沉降量、构造沉降速率变化(曹忠祥, 2008)的反映。

因此,郯庐断裂带潍北—莱州湾凹陷段古近纪的走滑活动是分段的,叠加的,南段在始新世早期停止活动,中段在始新世晚期停止活动,而北段在渐新世晚期才停止活动,由此造成的走滑拉分作用由南向北迁移。古新世—早始新世为左旋走滑活动,早始新世之后,则主要为右旋走滑活动,两次活动存在叠加性。随着郯庐断裂走滑活动方式的改变,相应产生的走滑拉分盆地发育时间向北迁移:潍北凹陷为古近纪早期盆地,青东东凹陷为古近纪早-中期叠加盆地,莱州湾凹陷为古近纪叠加盆地。以早始新世为界,古近纪每个凹陷都经历了走滑拉分到走滑挤压、遭受剥蚀或走滑拉分的演化过程,而走滑挤压反

万方数据

转对应的就是济阳运动(陈嘉树，1993)。

4　结论和讨论

(1)潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带在新生代有两期走滑活动,一是在古新世开始、早始新世结束的左旋走滑,二是中始新世开始延续至今的右旋走滑活动,且东支断层活动强度明显大于西支,如,F_1 和 F_2 的走滑活动均向北延入了渤海。

(2)夹持在郯庐断裂带的 3 个凹陷是新生代走滑拉分的产物,属于走滑拉分盆地类型。它们在古近纪发育时间不同,南老北新,表明郯庐断裂带中段—北段海陆过渡带并非整体活动,而是分段走滑拉分的。

(3)郯庐断裂带中段和北段过渡段新生代两期走滑活动与沂沭断裂带存在一致性,如沂沭断裂带控制的鲁西南盆地古新世为北西向盆地,叠加在中生代盆地之上,属于左行走滑的产物;始新世之后发育东西向盆地,属于右行走滑盆地。

横切郯庐断裂带的地震层析资料(Xu et al.,2002;李理等，2008)和地震剖面(宋国奇，2007)证实,郯庐断裂东西两侧的北北东向断层在深部显示为陡立的走滑构造,已切穿了整个地壳,并且向下延入上地幔。潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带新生代的走滑活动在时间上以早始新世为界存在明显的两期,而 43 Ma 恰恰是鲁西隆起上泰山首次快速抬升时间(李理等，2006)以及渤海湾盆地济阳坳陷快速构造沉降时期(李理等，2007)。在青东东凹陷—莱州湾凹陷以及济阳坳陷地震反射剖面中形成了沙四段与沙三段之间明显的反射层 T_6',在莱州湾凹陷西侧的桩海地区显示为具有区域性挤压作用(任建业等，2004),即所谓济阳运动,其发生的时期正是沙四期末。古近纪郯庐断裂带潍北—莱州湾段南部左旋走滑活动停止得早,北部停止得晚,这种构造迁移与晚白垩世因燕山造山带坍塌导致的断陷盆地或拉分盆地演化趋势相同(吴根耀，2007)。早始新世之后的右旋走滑可能是太平洋板块的俯冲速度和方向的改变(Northrup et al.,1995)的响应。在空间

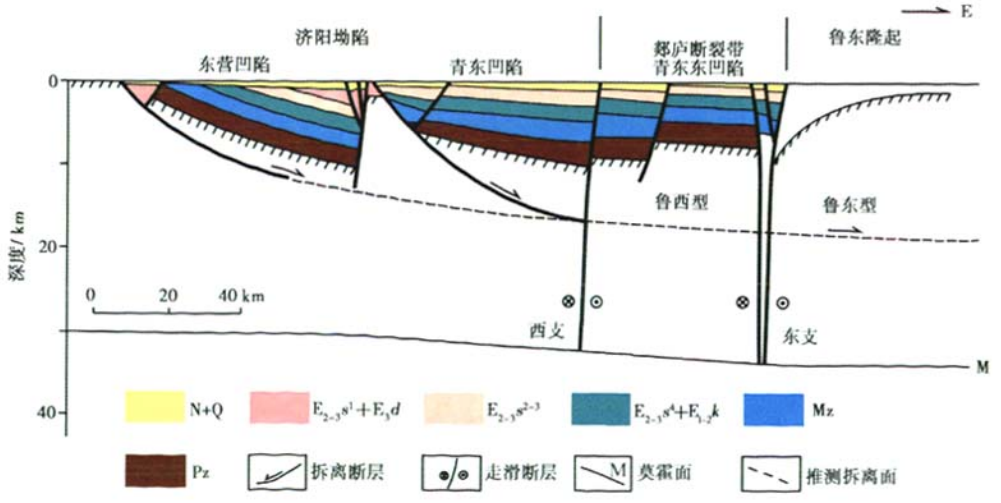


图 5　郯庐断裂带走滑模式图

Fig. 5　Strike slip model of the Tancheng Lujiang Fault Zone

万方数据

上走滑活动则向北迁移,始于青东东凹陷(此时南部的潍北凹陷处于剥蚀期),与渤海湾盆地济阳坳陷新生代构造迁移规律(戴俊生等, 1999)相同,表明郯庐断裂带的走滑活动与渤海湾盆地的伸展构造活动在规律上存在某种相似性。潍北—莱州湾凹陷郯庐断裂带在浅部为伸展断层及断陷盆地所叠加,伸展断层在 10 ~ 15 km 拆离滑脱(李理等, 2008),它们在古近纪与走滑拉分凹陷同时形成和发育,并构成凹陷的边界(图 5)。地震层析资料(图 3)还表明,该断裂带内部及其旁侧,浅部的半地堑盆地对应深部的低速体,指示半地堑盆地的形成与地球深部出现的热的低密度物质有关,隐示晚中生代以来岩石圈减薄与郯庐断裂带的活动有一定的关系(李理等, 2008)。

新近纪,除右旋走滑活动之外,横切潍北凹陷和青东东凹陷地震剖面还显示(宋国奇, 2007),郯庐断裂带 F_1 东盘上地壳部分明显出现了逆冲构造,鲁东隆起高阻体(变质岩基底)向西逆冲在早期向东陡倾的 F_1 之上,并且还切过古近纪西倾正断层,特别是在青东东凹陷,F_1 东盘逆冲的水平位移量至少为 10 km,属于推覆构造。郯庐断裂带潍北—莱州湾凹陷段上述特征,控制着烃源岩的形成、储盖层的分布、油气运移聚集的时期以及油气的分布,对油气的勘探工作有一定的指导意义。

参 考 文 献

蔡东升,罗毓晖,姚长华. 2001. 渤海莱州湾走滑拉分凹陷的构造研究及其石油勘探意义. 石油学报,**22**(2): 19—25.

Cai Dongsheng, Luo Yuhui and Yao Changhua. 2001. Strike-slip and pull-apart structure study and its significance to petroleum exploration on Laizhouwan Sag, Bo Hai area. *Acta Petrolei Sinica*, **22**(2): 19—25.

曹忠祥. 2008. 营口—潍坊断裂带新生代走滑拉分—裂陷盆地伸展量、沉降量估算. 地质科学,**43**(1): 65—81.

Cao Zhongxiang. 2008. Calculation of extension and subsidence of the Cenozoic pull-apart and rift basins along the Yingkou-Weifang Fault Zone. *Chinese Journal of Geology*, **43**(1): 65—81.

陈嘉树. 1993. 济阳运动的特点及其对济阳坳陷的影响. 石油实验地质,**15**(1): 86—99.

Chen Jiashu. 1993. Features of the Jiyang movement and its effects on the evolution of the Jiyang depression. *Petroleum Geology & Experiment*, **15**(1): 86—99.

程有义,李晓清,汪泽成,唐泽伟. 2004. 潍北拉分盆地形成演化及其对成油气条件的控制. 石油勘探与开发,**31**(6): 32—35.

Cheng Youyi, Li Xiaoqing, Wang Zecheng and Tang Zewei. 2004. Tectonic evolution and its controlling on petroleum generation in Weibei Basin. *Petroleum Exploration and Development*, **31**(6): 32—35.

戴俊生,李 理,陆克政,漆家福. 1999. 渤海湾盆地构造对含油气系统的控制. 地质论评,**45**(2): 202—208.

Dai Junsheng, Li Li, Lu Kezheng and Qi Jiafu. 1999. The control of tectonism on the petroleum systems in the Bohai Bay Basin. *Geological Review*, **45**(2): 202—208.

韩文功,季建清,王金铎,于建国,张新钰,余绍立. 2005. 郯庐断裂带古新世—早始新世左旋走滑活动的反射地震证据. 自然科学进展,**15**(11): 1383—1388.

Han Wengong, Ji Jianqing, Wang Jinduo, Yu Jianguo, Zhang Xinyu and Yu Shaoli. 2005. Seismic reflection evidence for sinistral strike-slip movement of Tan-Lu Fault Zone from the Paleocene to the Early Eocene. *Progress in Natural Science*, **15**(11): 1383—1388.

李 理,钟大赉. 2006. 泰山新生代抬升的裂变径迹证据. 岩石学报,**22**(2): 457—464.

Li Li and Zhong Dalai. 2006. Fission track evidence of Cenozoic uplifting events of the Taishan Mountain, China. *Acta Petrologica Sinica*, **22**(2): 457—464.

李 理,钟大赉,时秀朋. 2007. 鲁西隆起和济阳坳陷新生代隆坳耦合关系. 地质学报,**81**(9): 1215—1228.

Li Li, Zhong Dalai and Shi Xiupeng. 2007. Cenozoic uplifting/subsidence coupling between the west Shandong rise and the Jiyang depression, northern China. *Acta Geologica Sinica*, **81**(9): 1215—1228.

万方数据

李　理,钟大赉,时秀朋,唐智博,胡秋媛,胥　颐,李志伟.2008.鲁西地区的滑脱构造及其形成的深部背景.自然科学进展,18(6):651—661.

Li Li, Zhong Dalai, Shi Xiupeng, Tang Zhibo, Hu Qiuyuan, Xu Yi and Li Zhiwei. 2008. The décollement structure and its deep background in western Shandong. *Progress in Natural Science*, 18(6): 651—661.

李三忠,王金铎,刘建忠,于建国,吕海青,侯方辉.2005.鲁西地块中生代构造格局及其形成背景.地质学报,79(4):487—497.

Li Sanzhong, Wang Jinduo, Liu Jianzhong, Yu Jianguo, Lu Haiqing and Hou Fanghui. 2005. Mesozoic structure and its tectonic setting in the western Shandong block. *Acta Geologica Sinica*, 79(4): 487—497.

李晓清.2002.潍北走滑盆地形成演化与含油气系统.中国科学院博士论文.1—85.

Li Xiaoqing. 2002. The Evolution History and Petroleum Systems of Weibei Strike-slip Basin. Beijing: Doctoral Dissertation for Chinese Academy of Sciences. 1—85.

邱楠生,蔡进功,李善鹏,曾溅辉.2003.昌潍坳陷潍北凹陷热历史和油气成藏期次.地质科学,38(3):413—424.

Qiu Nansheng, Cai Jingong, Li Shanpeng and Zeng Jianhui. 2003. Thermal evolution and hydrocarbon entrapment in the Weibei sag, Changwei depression. *Chinese Journal of Geology*, 38(3): 413—424.

任建业.2004.渤海湾盆地东营凹陷 S_6 界面的构造变革意义.地球科学(中国地质大学学报),29(1):69—76.

Ren Jianye. 2004. Tectonic significance of S_6 boundary in Dongying depression, Bohai gulf basin. *Earth Science (Journal of China University of Geosciences)*, 29(1): 69—76.

宋国奇.2007.郯庐断裂带渤海段的深部构造与动力学意义.合肥工业大学学报(自然科学版),30(6):663—667.

Song Guoqi. 2007. Deep structures of the Bohai part of the Tan-Lu Fault Zone and their dynamic implications. *Journal of Hefei University of Technology* (Natural Science), 30(6): 663—667.

孙景耀,郭永华,郭铁恩,隋桂梅,运倩茹.2006.莱州湾凹陷层序地层格架及幕式油气成藏.中国石油勘探,11(5):30—34.

Sun Jingyao, Guo Yonghua, Guo Tie'en, Sui Guimei and Yun Qianru. 2006. Sequence stratigraphy model and episodic generation and accumulation of oil-gas reservoirs in Laizhouwan sag, Bohai gulf. *China Petroleum Exploration*, 11(5): 30—34.

万天丰,朱　鸿.1996.郯庐断裂带的最大左行走滑断距及其形成时期.高校地质学报,2(1):14—27.

Wan Tianfeng and Zhu Hong. 1996. The maximum sinistral strike-slip and its forming age of Tancheng-Lujiang Fault Zone. *Geological Journal of China Universities*, 2(1): 14—27.

王志才,邓起东,杜宪宋,晁洪太,吴子泉,肖兰喜,孙昭民,闵　伟,凌　宏,杨希海,李长川.2006.莱州湾海域郯庐断裂带活断层探测.地震学报,28(5):493—503.

Wang Zhicai, Deng Qidong, Du Xiansong, Chao Hongtai, Wu Ziquan, Xiao Lanxi, Sun Zhaomin, Min Wei, Ling Hong, Yang Xihai and Li Changchuan. 2006. Active fault survey on the Tanlu Fault Zone in Laizhou Bay. *Acta Seismologica Sinica*, 28(5): 493—503.

吴根耀,梁　兴,陈焕疆.2007.试论郯城—庐江断裂带的形成、演化及其性质.地质科学,42(1):160—175.

Wu Genyao, Liang Xing and Chen Huanjiang. 2007. An approach to the Tancheng-Lujiang Fault Zone: Its creation, evolution and character. *Chinese Journal of Geology*, 42(1): 160—175.

吴时国,余朝华,邹东波,张海英.2006.莱州湾地区郯庐断裂带的构造特征及其新生代演化.海洋地质与第四纪地质,26(6):101—110.

Wu Shiguo, Yu Zhaohua, Zou Dongbo and Zhang Haiying. 2006. Structural features and Cenozoic evolution of the Tan-Lu Fault Zone in the Laizhou Bay, Bohai Sea. *Marine geology & quaternary geology*, 26(6): 101—110.

徐嘉炜.1980.郯—庐断裂带巨大的左行平移运动.合肥工业大学学报(自然科学版),(1):1—12.

Xu Jiawei. 1980. The great left-lateral horizontal displacement of Tancheng-Lujiang Fault Zone, eastern China. *Journal of Hefei University of Technology* (Natural Science), (1): 1—12.

张明振,付瑾平,印兴耀.2006.桩海地区的走滑和挤压构造特征.油气地质与采收率,13(2):5—7.

Zhang Mingzhen, Fu Jinping and Yin Xingyao. 2006. Characters of strike-slip and extrusion structure in Zhuanghai region. *Petroleum Geology and Recovery*, 13(2): 5—7.

朱　光,刘国生,牛漫兰,宋传中,王道轩.2003.郯庐断裂带的平移运动与成因.地质通报,22(3):200—207.

Zhu Guang, Liu Guosheng, Niu Manlan, Song Chuanzhong and Wang Daoxuan. 2003. Transcurrent movement and genesis of the Tan-Lu Fault Zone. *Geological Bulletin of China*, 22(3): 200—207.

万方数据

宗国洪,肖焕钦,李常宝,施央申,王良书. 1999. 济阳坳陷构造演化及其大地构造意义. 高校地质学报,5(3): 275—282.

Zong Guohong, Xiao Huanqin, Li Changbao, Shi Yangshen and Wang Liangshu. 1999. Evolution of Jiyang depression and its tectonic implications. *Geological Journal of China Universities*, **5**(3): 275—282.

Northrup C J, Royden L H and Burchfiel B C. 1995. Motion of the Pacific plate relative to Eurasia and its potential relation to Cenozoic extension along the eastern margin of Eurasia. *Geology*, **23**(8): 719—722.

Okay A I and Sengör A M C. 1992. Evidence for intracontinental thrust-related exhumation of the ultra-high-pressure rocks in China. *Geology*, **20**(5): 411—414.

Ramsay J G and Lisle R J. 2000. The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 3: Applications of Continuum Mechanics in Structural Geology. London: Academic Press. 856.

Xu J W, Zhu G, Tong W X, Cui K R and Liu Q. 1987. Formation and evolution of the Tancheng-Lujiang wrench fault system: A major shear system to the northern of the Pacific Ocean. *Tectonophysics*, **134**(4): 273—310.

Xu Peifen, Liu Futian, Ye Kai, Wang Qingcheng, Cong Bolin and Chen Hui. 2002. Flake tectonics in the Sulu orogen in eastern China as revealed by seismic tomography. *Geophysical Research Letters*, **29**(10): 1385, doi: 10.1029/2001GL014185.

Yin A and Nie S Y. 1993. An indendation model for the north and south China collision and the development of the Tan-Lu and Honam fault system, eastern Asia. *Tectonics*, **12**(4): 801—813.

Zhang K J. 1997. North and south China collision along the eastern and southern north China margins. *Tectonophysics*, **270**(1—2): 145—156.

The Cenozoic strike-slip characteristics along the Tan-Lu Fault Zone of the Weibei-Laizhouwan area

Li Li[1] Tan Mingyou[2] Zhang Mingzhen[2] Xu Yi[3] Li Zhiwei[3] Shi Xiupeng[1]
Gong Hongbo[1] Tang Zhibo[1] Hu Qiuyuan[1]

(1. *Institute of Earth Resource and Information, China University of Petroleum, Dongying, Shandong* 257061;
2. *Geophysical Research Institute of Shengli Oilfield Branch Company, China Petroleum and Chemical Corp., Dongying, Shandong* 257022; 3. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029)

Abstract

The Laizhouwan transitional zone of the Tancheng-Lujiang Fault lies between the north of Weifang and the south of the Bohai Bay. The date from seismic profiles which crosscut the Tan-Lu Fault Zone and the characteristics of sedimentary and hydrocarbon in this zone directly/indirectly indicate the extending, kinematics property, and the activity time limit. The Tan-Lu Fault Zone has similar characteristics of geometry shape and geometry array in land area just as it appears in sea area. It can be inferred that Tan-Lu Fault Zone is a faulting system with vertical displacement. Syntectonic deposits controlled by the movement of strike-slip fault zone show a sectional feature of the activity time limit of Tan-Lu Fault Zone. From south to north, it equals to $E_{1-2}k$ deposition to the $E_{2-3}s^4$ (Paleocene to Early Eocene), $E_{1-2}k$ deposition to the $E_{2-3}s^2$ (Paleocene to Eocene), $E_{1-2}k$ deposition to the $E_{2-3}s^1$ (Paleocene to Oligocene) in Bohai Bay Basin. The direction of the strike-slip pull-parting migrated from south to north. The fault zone experienced sinistral strike-slip movement from Paleocene to Early Eocene, after Early Eocene, the strike-slip direction is instead of right-lateral strike-slip movement.

Key Words The Tan-Lu Fault Zone, Cenozoic, Strike-slip characteristics, Boahi Bay Basin

万方数据