

# 郯庐断裂带山东段的中新生代构造演化特征

张鹏<sup>1)</sup>, 王良书<sup>2)</sup>, 石火生<sup>2)</sup>, 李丽梅<sup>1)</sup>, 谭慧明<sup>1)</sup>

1) 江苏省地震工程研究院, 南京, 210014; 2) 南京大学地球科学系, 南京, 210093

**内容提要:**本文在总结郯庐断裂带的最新研究成果的基础上,对郯庐断裂带山东段深部构造特征、运动学特征和内部结构特征进行了分析,并对郯庐断裂带山东段的中新生代构造演化过程进行了研究。在华南北北碰撞造山时期,郯庐断裂带山东段发生了显著的左旋走滑剪切变形。郯庐断裂带山东段在晚侏罗至早始新世(50Ma前)的左旋走滑直接受控于古太平洋板块向东亚大陆的俯冲,板块俯冲边界的应力直接传递到郯庐断裂带导致其发生走滑运动;早白垩世中期至古近纪,郯庐断裂带山东段内部及两侧盆地的伸展则受控于深部岩石圈减薄、地幔底辟导致的裂陷作用。

**关键词:** 郯庐断裂带; 山东段; 沂沭断裂带; 构造演化; 中新生代

郯庐断裂带是我国东部一条巨大的北北东走向的断裂带,郯庐断裂自1957年航磁大调查中被发现以来,已经有了40余年的研究历史。郯庐断裂带从南端的湖北广济可一直向北延伸到沈阳以北,直至东北。长期以来,对郯庐断裂带形成时间、形成机制和演化历史,始终存在多种观点。一些研究者认为其起源于华北与华南板块的碰撞造山之中(Xu et al., 1987; Okay and Sengor, 1992; Yin and Nie, 1993; Wang et al., 2003);另一些研究者(周建波等, 1998; 乔秀夫等, 2001; 吴根耀, 2007)认为郯庐断裂带是一条元古宙就存在的古老构造带,在后期构造运动中再次复活;也有一些学者提出该断裂带早期起源于华北与华南板块的碰撞造山中,随后在早白垩世滨太平洋构造活动中又再次发生平移运动(万天丰等, 1996; 王小凤等, 2000; 朱光等, 2003)。关于其演化过程,一些人总结(朱光等, 2002; 王小凤等, 2000)郯庐断裂带的形成经过了强烈的左行平移、伸展、挤压的过程;另一些人认为郯庐断裂带经过了从早期左行到后期右行的转换,发生转换的时间为古近纪早期(张克鑫, 2005; 宗国洪等, 1999),或晚白垩世(张岳桥等, 2008);也有一些研究者认为郯庐断裂带在早白垩世即为右行(Ren et al., 2002)。由于郯庐断裂带经历了多期的构造体制转换,造成了各段活动特征的巨大差异性(张鹏, 2007)。由南

至北,郯庐断裂带可划分为三段(图1),即苏皖段、山东段(又称沂沭断裂带)和沈阳—渤海段(又称营淮断裂带)。

本文根据对郯庐断裂带山东段的野外调查、深部构造、运动学特征的研究,结合《徐州市新城区、开发区活断层探测与地震危险性评价》项目中对郯庐断裂带的考察结果,以及近年来最新的研究成果,对郯庐断裂带山东段的中新生代构造演化过程进行了探讨。

## 1 郯庐断裂带山东段深部构造和地球物理场特征

对穿过郯庐断裂带中段的地学大断面(马杏垣等, 1991; 陈沪生等, 1993)的研究表明,郯庐断裂带为深达岩石圈底部、产状陡倾、控制地幔上涌及岩浆贯入的深大断裂带。断裂带两侧无论是地壳、上地幔的速度结构,还是电性特征均存在着显著差异,是郯庐发生了大规模平移运动所致,同时也反映了郯庐成为岩石圈结构横向不均一性最为显著的部位。断裂带经过处软流圈顶面都明显上隆,表明郯庐断裂带是切穿岩石圈的大断裂。

最新的过郯庐断裂带渤海段和山东段的电法剖面特征表明:郯庐断裂带已切穿了整个地壳,并且向下延入上地幔;该段断裂带在深部显示为陡立的走

注:本文为徐州市政府项目《徐州市新城区、开发区活断层探测与地震危险性评价》及中石化胜利油田公司项目《郯庐断裂带构造体制转换与山东段西侧油气盆地演化》资助的成果。

收稿日期:2009-05-26;改回日期:2009-10-15;责任编辑:郝梓国。

作者简介:张鹏,男,1981年生。博士。主要从事构造地质与地震地质研究。Email: zhpnju@163.com。

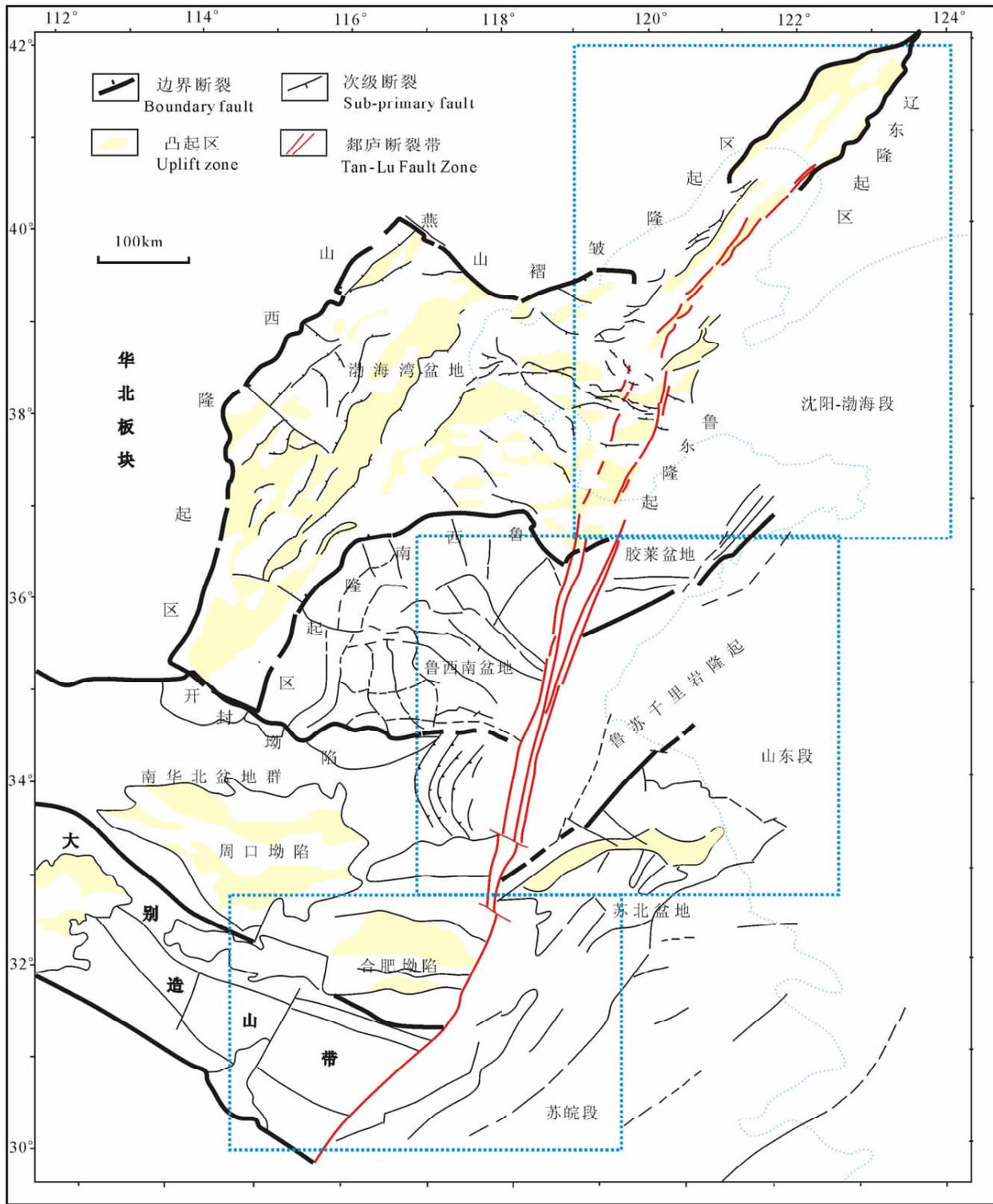


图 1 郯庐断裂带地质简图

Fig. 1 Tectonic unit sketch of Tan-Lu fault zone

滑构造,浅部为伸展断层及断陷盆地所叠加,表明伸展活动发生在走滑之后;最后又发生过一期明显的逆冲活动(宋国奇,2007)。

另外,深部构造和电法剖面上断裂带都明显体现出东支强而西支弱的特点。断裂带向西倾,表明

其运动与太平洋板块的俯冲相关。

## 2 郯庐断裂带山东段运动学特征

朱光等(2001a,2003,2004,2005a,2005b),Wang(2006)近年来在郯庐断裂带中南段发现了多

条基底韧性走滑剪切带,构造学和 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 测年分析表明,该断裂带在碰撞造山晚期(晚三叠世,约180~215Ma)发生了明显的左旋走滑剪切活动,在晚侏罗世-早白垩世早期(140~165Ma)再次发生了左旋挤压走滑活动。

早白垩世后为郯庐断裂带山东段的伸展期。郯庐断裂带山东段至皖北嘉山普遍控制了晚白垩世的地堑式盆地的发育。郯庐断裂带山东段伸展期发育的4条正断层构成“两堑一垒”的格局,沉积了巨厚的上白垩统王氏组红色碎屑岩。如马站盆地,上部具有大量同沉积断裂活动标志——滑塌岩、阵发性浊积岩及边缘的巨厚洪积扇。(朱光等,2001b)在郯庐断裂带南段,自早白垩世中期开始至古近纪,合肥盆地东界上的郯庐断裂带呈现为西倾的大型正断层活动,控制着盆地东部白垩系至古近系的沉积(朱光等,2005b)。这与中段是一致的。

徐芹芹等(2008)的野外调查和地震反射剖面分析表明,郯庐断裂带山东段在古近纪早期表现为左行走滑(可能兼有逆冲)。并在新近纪不再有明显的活动。

Lin等(1998)、满洪敏等(2005)对沂沭断裂带的野外考察和地层学研究表明,沂沭断裂带在白垩纪至早第三纪为左旋走滑活动。西支 $F_3$ 、 $F_4$ 断裂被上第三系地层所覆盖,证明 $F_3$ 、 $F_4$ 断裂在晚第三纪后基本停止了活动;而东支 $F_1$ 、 $F_2$ 断裂仍在活动,在第四纪为右行走滑,并伴有高角度的逆冲。韩文功等(2005)对青东地区的最新地震勘探资料进行了解释,证明营潍断裂带南段在古新世—早始新世期间表现为兼具逆冲的左旋走滑运动。剖面上的断裂带被新近系地层连续覆盖,表明营潍断裂带南段的西支 $F_3$ 、 $F_4$ 断裂在新近纪不再有明显的活动,并为新的东北向断裂构造系统所置换。这与郯庐断裂带山东段的新生代活动特征基本一致。

### 3 郯庐断裂带山东段内部结构特征

郯庐断裂在山东境内主要由四条NNE向断裂组成,自东而西分别为昌邑-大店断裂( $F_1$ )、安丘-莒县断裂( $F_2$ )、沂水-汤头断裂( $F_3$ )和郯部-葛沟断裂( $F_4$ )。这四条断裂构成两堑一垒的复式地堑构造形式,东部是安丘-莒县地堑,西部为马站-苏村地堑,汞丹山凸起介于它们之间(图2)。

为了解郯庐断裂与西侧沉积盆地的构造关系,我们重点考察了沂水-汤头断裂( $F_3$ )和郯部-葛沟断裂( $F_4$ )。

在沂水马站观察到郯庐 $F_4$ 断层(郯部-葛沟断

裂),断层表现出东盘正断下掉,充填白垩系沉积,西盘为太古界变质基底。断层破碎带宽约100米,其中断层泥发育,后期具有右旋走滑运动的迹象。在马站东侧观察到郯庐 $F_3$ 断层(沂水-汤头断裂),断层西盘下掉,与 $F_4$ 断层组成白垩纪地堑盆地。

在西丁家沟大盛群( $K_1d$ )剖面上(图3),底部马朗沟组( $K_1m$ )为气孔发育的安山岩、凝灰质砾岩,地层产状: $96^\circ\angle 70^\circ$ 。田家楼组( $K_1t$ )为紫红、灰绿、灰黄色砾岩、砂岩、粉砂岩、页岩,夹泥灰岩透镜体,岩层中间偶然还可见到气孔状安山岩。总体产状: $110^\circ\angle 20^\circ$ ,局部产状有变化,但均为脆性条件下松软岩性的构造弱变形。

在界牌经马牧池至沂南,地表出露主要是寒武奥陶纪灰岩;在沂南酒厂所见岩石为寒武系薄层瘤状灰岩。中间局部出露前寒武系片岩,并伴有带状糜棱岩,为基底韧性剪切带。

在沂南西南,229省道东侧, $F_4$ 断壁耸立,走向 $N10^\circ E$ ,倾角近直立。在浮来山所见为 $F_3$ 断裂系统,所见为寒武纪灰岩,产状平缓。断裂产状近直立,可见断层陡壁上的左行平移作用下形成的近水平擦痕,符合郯庐断裂带中南段断裂分布和活动的一般规律(图4)。

在沂南北东的山间或坡麓, $F_3$ 和 $F_2$ 所夹持的青山群( $K_1q$ )砂岩,变形微弱,发育共轭节理,为继承性应力场产物(图5)。

在沂南圣粮山、东南山,石灰岩中断裂规则有序,明显系郯庐分枝断裂,其间所充填的泥质,其胶结程度很高,但外力作用不明显。可见郯庐断裂带在该地段的后期活动强度较弱(图6)。

此外,我们在山东郯城麦坡对安丘-莒县断裂进行了调查。安丘-莒县断裂两侧为白垩系王氏组紫红色砂岩,麦坡一带断层醒目,呈直线状,表现为王氏组二段地层逆冲于遭严重剥蚀的王氏组三段地层之上(图7)。在断层上方可见到被错断的第四纪晚更新世黄土层,表明安丘-莒县断裂晚第四纪时期仍存在逆冲活动。

过郯庐断裂带山东段地质剖面和野外调查结果(图2~7)都表明,郯庐断裂带山东段中生代发生了左旋走滑过程,在早白垩世时期为拉伸构造环境。

## 4 郯庐断裂带山东段周边盆地内中生代断裂发育特征

### 4.1 渤海湾盆地

我们对渤海湾盆地中、新生代断裂活动特征的

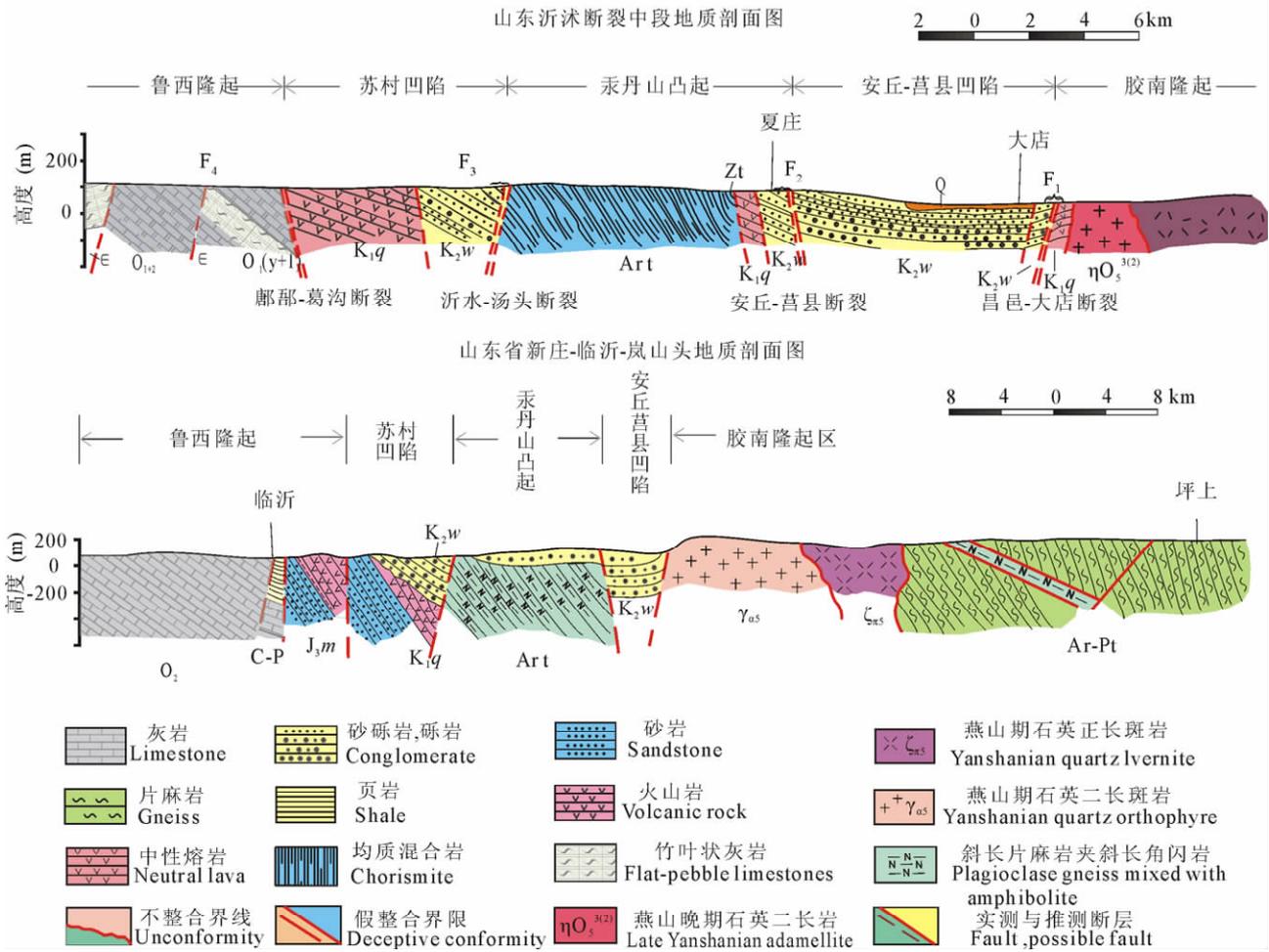


图 2 过郯庐断裂带山东段地质剖面(山东省区域地质志, 1991)

Fig. 2 Typical geological sections across the Shandong segment of Tan-Lu fault zone



图 3 西丁家沟大盛群(K<sub>1</sub>d)剖面

Fig. 3 The section of Dasheng group in west of Dingjiagou



图 4 F<sub>4</sub> 断层的左行擦痕

Fig. 4 The sinistral scratch of F<sub>4</sub>

研究表明(王良书等, 2008; 张鹏等, 2006)各构造时

期断裂的活动性和展布特征存在横向不均一性。渤海湾盆地中生代以来, 总体上受到区域性的 NW-SE 伸展作用, 上地幔隆升作用由造成的上地幔热隆



图 5 青山组砂岩中的共轭节理

Fig. 5 The conjugated joint in the sandstone of Qingshan formation

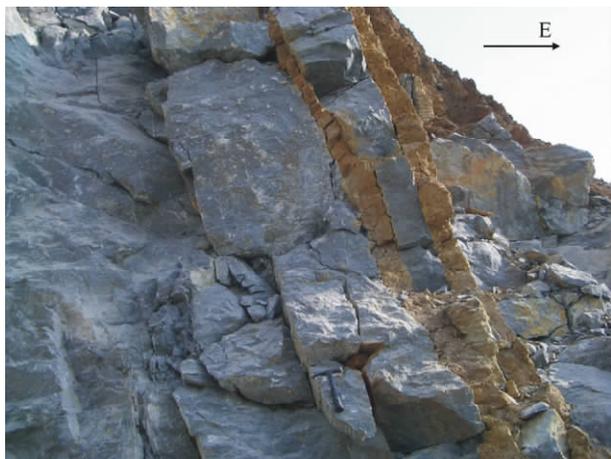


图 6 郯庐断裂带中的断层泥

Fig. 6 The fault gouge in Tanlu fault zone

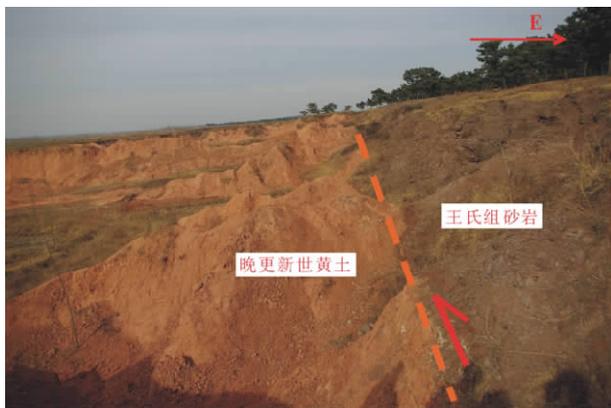


图 7 郯城麦坡安丘-莒县断裂地貌景观

Fig. 7 The landscape of Anqiu-Juxian fault in Maipo, Tancheng

起,形成 NE、NNE 向构造带。在冀中坳陷、黄骅坳陷、临清坳陷,中新世以东北向断裂发育为主。

而靠近郯庐断裂带的济阳、渤海坳陷,中生代至早始新世时期受郯庐断裂带的左旋走滑作用控制,发育北西向断裂;早始新世后,太平洋板块俯冲方向发生转折,郯庐断裂带左旋走滑活动停止。渤海湾盆地进入大规模断陷时期,各坳陷内 NE 向断层强烈活动,济阳、渤海坳陷的 NW 向断层逐渐停止活动。由早至晚,随着郯庐断裂带左旋走滑活动的停止,NW 向断裂活动逐渐减弱。

#### 4.2 鲁西南盆地

陆建军等<sup>①</sup>(2002)对鲁西南盆地进行了构造分析认为,鲁西南侏罗纪-白垩纪盆地明显呈三角形,其开口向着郯庐断裂,盆地形成显然受郯庐断裂中生代左行走滑伸展运动控制;鲁西南盆地早第三纪发育两种原型盆地:一种是发育较早的北西向盆地,叠加在中生代盆地之上,属于郯庐断裂左行走滑的产物;另一种是东西向盆地,形成于早始新世后,缺失中生界地层,属于郯庐断裂右行走滑时期产生的沉积盆地。李守军等(2003)的研究也表明,鲁西南盆地东段的 NW 断层活动时间始于早白垩世至早始新世,早始新世末期是一个转换时期,表现为中段的断层走向近 EW 向,中始新世开始发育 NE 向断层。这是郯庐断裂带构造体制转换所引起区域应力场变化的结果。

#### 4.3 胶莱盆地

胶莱盆地位于郯庐断裂带的东侧,为一个典型的复合改造型断陷盆地(张岳桥等,2006)。大部分断层走向为 NWW—SEE,与边界主断裂斜交。早白垩世为走滑期,沉积了下白垩统莱阳组;晚白垩世为伸展期,沉积了上白垩统王氏组。晚白垩世末期发生构造反转作用,使部分王氏组被剥蚀殆尽。晚白垩世末期王氏运动使 NE 向大断裂呈现强烈的左行平移活动,产生近南北向挤压。新生代为盆地消亡阶段(胡望水等,2003)。

### 5 郯庐断裂带山东段中新生代构造演化特征探讨

通过对郯庐断裂带山东段深部构造特征、运动学特征、内部结构特征的分析,及对盆地的控制作用分析,结合最新的测年数据和研究成果,我们对郯庐断裂带的中新生代构造演化史进行了探讨:

(1) 晚三叠世—中侏罗世。目前研究者们普遍认同郯庐断裂带的形成与华南—华北碰撞作用有

关。近 10 年来,对沿郯庐断裂带及其两侧多条基底韧性走滑剪切带的研究清楚地表明,郯庐断裂带山东段在华南华北碰撞造山时期(晚三叠世—早侏罗世)发生了显著的左旋走滑剪切变形。这表明郯庐断裂带是一条大型的碰撞造山走滑边界带(张岳桥等,2008)。在晚三叠世,作为对华南与华北缝合的响应,郯庐断裂,形成挤压构造;进入早、中侏罗世,郯庐断裂带从韧性左行走滑向脆性左行走滑断裂转变,郯庐断裂带中、南段的基本格局形成(王小凤等,2000)。

(2) 晚侏罗世—早白垩世早期。晚侏罗世—早白垩世早期,随着古太平洋板块向亚洲大陆的俯冲(Engbretson 等,1985;Maruyama 等,1997),中国东部受到北西-南东向的强烈挤压,郯庐断裂带山东段再次发生左旋走滑活动,并在断裂带内形成了高角度的斜冲断层和强烈的挤压破碎带。朱光等(2004,2005)对韧性剪切带的测年分析证明了郯庐断裂带在晚侏罗世—早白垩世早期(140~165Ma)发生了左旋挤压走滑活动,与古太平洋板块的俯冲时间一致,证明郯庐断裂带山东段本期的左旋走滑与古太平洋板块的俯冲直接相关。

(3) 早白垩世中期—早始新世(50Ma 前)。由于全球深部地幔的强烈活动,中国东部岩石圈在中生代发生了减薄作用,并在白垩纪达到减薄的峰值。早白垩世后,太平洋板块活动完全取代了扬子板块、西伯利亚板块活动对华北地区构造演化的控制地位,中国东部经历了由挤压转为伸展的重大构造体制转变过程(翟明国等,2003)。中国东部构造作用以地壳引张和岩石圈减薄为主导。郯庐断裂带山东段进入伸展期。

在本时期,古太平洋板块俯冲聚敛运动产生的挤压应力传递到板块内部引起挤压应力场,使郯庐断裂带山东段发生左旋走滑;而岩石圈减薄、地幔底辟作用则产生拉张应力场。由于白垩纪至早始新世古太平洋板块俯冲的速度和角度发生多次变化(Engbretson et al.,1985;Northrup et al.,1995),使郯庐断裂带山东段及周边盆地在本阶段受到多次挤压和拉张交替的应力场控制。但伸展作用总体占主导地位,使郯庐断裂带山东段在伸展期发育了 4 条正断层构成“两堑一垒”的格局。

(4) 早始新世(50Ma 后)—渐新世。在早始新世后,中国东部的构造格局又发生了转折。由于库拉板块消失,太平洋板块由北北西向俯冲转为北西西向俯冲(Montgomery,1990),最新测定的转向时

间约 50Ma(Warren et al.,2006)。印度板块也几乎同时与欧亚板块发生全面碰撞(Patriat P et al.,1984)。这两者共同向欧亚大陆汇聚使得郯庐断裂的走滑作用难以继续进行,地幔底辟导致的斜向伸展作用完全占主导地位。本时期郯庐断裂带山东段停止了左旋走滑活动,仅作为盆地伸展的边界;而鲁西南盆地及北侧的渤海湾盆地进入强烈伸展断陷阶段。

(5) 中新世后。晚第三纪以来,太平洋板块聚敛速度加快,太平洋板块和菲律宾板块向西俯冲产生弧后扩张作用。而印度板块与欧亚板块的碰撞又向东推挤着中国东部大陆。二者共同作用使中国东部产生近东西向的区域挤压应力场,中国东部进入整体热沉降时期。本时期郯庐断裂带山东段活动强度大大降低,停止了明显的剪切走滑活动。郯庐断裂带山东段西支  $F_3$ 、 $F_4$  断裂在新近纪后活动性大大减弱,而东支  $F_1$ 、 $F_2$  断裂在区域挤压应力场的作用下,在第四纪表现为逆冲活动。

## 6 结论

郯庐断裂带及其邻区中生代以来经历了华南华北的碰撞以及太平洋板块俯冲,白垩纪、古近纪时期强烈的地幔热作用,印藏碰撞的远距离效应等一系列重大地质事件。这种多变区域构造动力使郯庐断裂带经历了多期的构造体制转换,并造成了各段活动特征的巨大差异。

在华南华北碰撞造山时期,郯庐断裂带山东段作为大型碰撞造山走滑边界带发生了显著的左旋走滑剪切变形。郯庐断裂带山东段在晚侏罗至早始新世(50Ma 前)的左旋走滑直接受控于古太平洋板块向东亚大陆的俯冲,板块俯冲边界的应力直接传递到郯庐断裂带导致其发生走滑运动;早白垩世中期至古近纪,郯庐断裂带山东段内部及两侧盆地的伸展则受控于深部岩石圈减薄、地幔底辟导致的裂陷作用。

郯庐断裂带的构造演化过程对周边中生代盆地的断裂活动、沉积和构造演化史有着重要的影响。郯庐断裂带早白垩世的左旋剪切活动在中国东部形成了一系列 NW 向逆冲推覆构造,并在其后的伸展中形成了 NW 向地堑半地堑。古新世—早始新世,郯庐断裂带为左旋走滑活动,靠近郯庐断裂带 NW 向断层的负反转活动控制了盆地的沉积活动,而早始新世后郯庐断裂带左旋走滑活动停止,周边盆地内 NE 向断层强烈活动。郯庐断裂带运动性质的演

变和古太平洋板块俯冲导致的中国东部岩石圈伸展作用这两大动力体系共同控制了郯庐断裂带周边中生代盆地的构造演化史。同时郯庐断裂带还作为地幔物质上涌的通道和重大的区域构造边界带深深影响着中国东部大地构造演化。郯庐断裂带中新生代的复杂构造演化史,其在中国东部中生代岩石圈减薄过程中的地位和作用,以及其对中生代含油气盆地的控制作用,都具有极其重要的研究意义,有待人们进一步探索。

## 注 释

① 陆建军,贾东,王良书. 2002. 胜利油田济阳坳陷构造转型与鲁西南盆地地质构造对比研究. 胜利油田报告.

## 参 考 文 献

- 陈沪生,周雪清,李道琪,贺绍英. 1993. 中国东部灵璧-奉贤(HQ-13)地质断面. 北京:地质出版社.
- 马杏垣,刘昌铨,刘国栋. 1991. 江苏响水至内蒙古满都拉地质断面. 北京:地质出版社.
- 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.
- 胡望水,吕炳全,官大勇,张文军,冷军,毛治国,袁晓满. 2003. 郯庐断裂带及其周缘中生代盆地发育特征. 海洋地质与第四纪地质, 23(4): 51~58.
- 李守军,郑德顺,蔡进功,杨永红,孙锡文,杨品荣. 2003. 鲁北和鲁西南地区古近纪盆地沉积特征与控制因素探讨. 地质论评, 49(3): 225~232.
- 满洪敏. 2005. 沂沭断裂带内部的差异活动及其成因分析. 华北地震科学, 23(3): 13~21.
- 乔秀夫,高林志,彭阳,李海兵. 2001. 古郯庐带沧浪铺阶地震事件、序列及其意义. 中国科学(D)辑, 31(11): 911~918.
- 山东省地质矿产局. 1991. 山东省区域地质志. 北京:地质出版社.
- 施炜,张岳桥,董树文. 2003. 郯庐断裂带中段第四纪活动及其分段特征. 地球学报, 24(1): 11~18.
- 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.
- 万天丰,朱鸿,赵磊,林建平,程捷,陈进. 1996. 郯庐断裂带的形成与演化:综述. 现代地质, 10(2): 159~168.
- 王小凤,李中坚,陈柏林. 2000. 郯庐断裂带. 北京:地质出版社.
- 王良书,张鹏,李成. 2008. 渤海湾盆地中、新生代断裂发育的横向差异性. 复杂油气藏, 13(4): 1~4.
- 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.
- 徐芹芹,季建清,王金铎,王振兰,韩文功,于建国. 2008. 郯庐断裂带早新生代的活性性质研究. 43(2): 402~414.
- 张克鑫,漆家福. 2005. 淮北盆地新生代构造演化及其与郯庐断裂带的关系. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 27(6): 817~820.
- 张鹏,王良书,丁增勇,钟锴. 2006. 济阳坳陷中、新生代断裂发育特征及形成机制. 27(4): 467~474.
- 张鹏,王良书,钟锴,丁增勇. 2007. 郯庐断裂带的分段性研究. 地质论评, 53(5): 577~583.
- 张岳桥,董树文. 2008. 郯庐断裂带中生代构造演化史:进展与新认识. 地质通报, 27(9): 1371~1390.
- 张岳桥,李金梁,柳忠泉,任凤楼,袁嘉音. 2006. 胶莱盆地深部拆离系统及其区域构造意义. 石油与天然气地质, 27(4): 504~511.
- 周建波,胡克. 1998. 沂沭断裂带晋宁期的构造活动及性质. 地震地质, 20(3): 208~212.
- 朱光,刘国生, Dunlap W. J., C. Teyssier, 王勇生, 牛漫兰. 2004. 郯庐断裂带同造山走滑运动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学证据. 科学通报, 49(2): 190~198.
- 朱光,刘国生,牛漫兰,宋传中,牛漫兰. 2003. 郯庐断裂带的平移运动与成因. 地质通报, 22(3): 200~207.
- 朱光,牛漫兰,刘国生,王道轩,宋传中. 2002. 郯庐断裂带早白垩世走滑运动中的构造、岩浆、沉积事件. 地质学报, 76(3): 323~334.
- 朱光,牛漫兰,刘国生,王勇生,谢成龙,李长城. 2005a. 郯庐断裂带肥东段走滑运动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法定年. 地质学报, 79(3): 303~316.
- 朱光,宋传中,王道轩,刘国生,徐嘉炜. 2001a. 郯庐断裂带走滑时代的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究及其构造意义. 中国科学 D 辑, 31(3): 250~256.
- 朱光,谢成龙,王勇生,牛漫兰,刘国生. 2005b. 郯庐高压走滑韧性剪切带特征及其 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法定年. 岩石学报, 21(6): 1687~1702.
- 朱光,王道轩,刘国生,宋传中,徐嘉炜,牛漫兰. 2001b. 郯庐断裂带的伸展活动及其动力学背景. 地质科学, 36(3): 269~278.
- 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.
- Engelbreton D C, Cox A, Gordon R G. 1985. Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific basin. The Geological Society of America, Special Paper 206: 1~59.
- Lin A, Miyata T, Wan T F. 1998. Tectonic characteristics of the central segment of the Tancheng-Lujiang fault zone, Shandong Peninsula, eastern China. Tectonophysics, 293: 85~104.
- Montgomery C W. 1990. Physical Geology. Dubuque: W C Brown Publishers.
- Northrup C J, Royden L H, 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, Sengor A M. 1992. Evidence for intracontinental thrust-related exhumation of the ultra-high-pressure rocks in China. Geology, 20, 411~414.
- Patriat P, Achache J. 1984. India-Eurasia collision chronology has implications for crustal shortening and driving mechanism of plates. Nature, 311(18): 615~621.
- Ren Jianye, Kensaku Tamaki, Sitian Li, Zhang Junxia. 2002. Late Mesozoic and Cenozoic rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas. Tectonophysics, 344: 175~205.
- Wang E C, Meng Q R, Burchfiel B C, Zhang G W. 2003. Mesozoic

- large scale lateral extrusion, rotation, and uplift of the Tongbai-Dabie Shan belt in east China. *Geology*, 31(4): 307~310.
- Wang Y. 2006. The onset of the Tan-Lu fault movement in eastern China: constraints from zircon (SHRIMP) and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating. *Terra Nova*, 18(6): 423~431.
- Warren D. Sharp, David A. Clague. 2006. 50 Ma Initiation of Hawaiian-Emperor Bend Records Major Change in Pacific Plate Motion. *Science*, 313: 1281~1284.
- 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: 273~310.
- Yin A, Nie S Y. 1993. An indentation model for the North and South China collision and the development of the Tan-Lu and Honam fault system, eastern China. *Tectonics*, 12(4): 801~813.

## The Mesozoic-Cenozoic Tectonic Evolution of the Shandong Segment of the Tan-Lu Fault Zone

ZHANG Peng<sup>1)</sup>, WANG Liangshu<sup>2)</sup>, SHI Huosheng<sup>2)</sup>, LI Limei<sup>1)</sup>, TAN Huiming<sup>1)</sup>

1) *Earthquake Engineering Institute of Jiangsu Province, Nanjing*, 210014;

2) *Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing*, 210093

### Abstract

Based on new research results, this study analyzed the deep structures, kinematic characteristics and interior structure of the Shandong segment of the Tan-Lu fault zone. The characteristics of the Mesozoic-Cenozoic Tectonic evolution of the Shandong segment of the Tan-Lu fault zone were also discussed. During the period of collision orogenesis between North China block and South China block, the Shandong segment of the Tan-Lu fault zone underwent a sinistral shearing strike-slip deformation. The sinistral strike-slip movement of the Shandong segment had been controlled by the subduction of the ancient Pacific plate toward the east Asian continent from late Jurassic to early Eocene (before 50Ma). The strike-slip movement of the Tan-Lu fault zone was caused by the stress transferred from the boundary of plate subduction. The extension of the Shandong segment of the Tan-Lu fault zone and the basins beside it was associated with the intracontinental rifting process caused by lithosphere delamination and upheaval of upper mantle.

**Key words:** The Tan-Lu fault zone; The Shandong segment; Yishu fault zone; Tectonic evolution; Mesozoic-Cenozoic