

文章编号: 0253-9985(2006)04-0504-08

胶莱盆地深部拆离系统及其区域构造意义

张岳桥¹, 李金良², 柳宗泉³, 任凤楼³, 袁嘉音²

(1 南京大学 地球科学系, 江苏 南京 210093 2 中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100081;

3 中国石油化工股份有限公司 胜利油田有限公司 地质科学研究院, 山东 东营 257000)

摘要: 地震剖面解释结果揭示了胶莱盆地深部两个低角度拆离断裂系统: 一个发育于盆地南部诸城凹陷, 主拆离面向南缓倾, 深度为 8~10 km; 另一个发育于盆地北部高密凹陷和莱阳凹陷深部, 由一系列北倾犁式正断层组成, 主拆离面向北或北北东缓倾。根据受控凹陷的地层记录分析、剖面复原分析和伸展量估算, 并结合地表断裂滑动矢量反演结果, 认为盆地南部拆离系统主要形成于早白垩世莱阳组沉积时期, 该时期诸城凹陷南北向伸展量达 36%~41%, 最大伸展方向可能为北西-南东。该拆离系统继承了早期胶南(或苏鲁)造山带深部滑脱构造面, 其后期拆离复活主导了胶莱盆地南部不对称伸展构造样式, 控制了狭长展布的莱阳期沉积凹陷发育。北部拆离系统主要形成于晚白垩世盆地伸展阶段, 伸展作用可能延续到古新世时期, 控制了盆地王氏组沉积。这个时期横穿莱阳凹陷和高密凹陷南北向伸展量估计为 20%~25%, 最大的伸展方向近南北向。该拆离系统调节了胶莱盆地近南北向拉分伸展, 其形成与盆地东、西两侧北北东向边界断裂带右旋剪切作用有关。胶莱盆地深部两个深部拆离系统的时空复合或叠合造就了盆地内部复杂的伸展构造样式。识别这两个拆离系统不仅对盆地形成机理和动力学背景提供了重要的深部构造制约, 对盆地油气勘探也具有重要的指导意义。

关键词: 拆离断层; 白垩纪; 山东; 胶莱盆地

中图分类号: 111.2 **文献标识码:** A

Detachment systems in deep of Jiaolai basin and their regional tectonic significance

Zhang Yueqiao¹, Li Jinliang², Liu Zongquan³, Ren Fenglou³, Yuan Jiayin²

(1 Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing 210093

2 Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;

3 Geological Sciences Research Institute, SINOPEC Shengli oil field Co Ltd Dongyingm, Shandong 257000)

Abstract Seismic interpretations reveal two low angle detachment systems in the Jiaolai basin one, developed 8~10 km beneath the Zhucheng depression in the southern part of the basin, has a detachment surface gently dipping to the south; the other, developed in the north Gaomi and Laiyang depressions, consists of a series of N-dipping listric normal faults and has a major detachment surface gently dipping to the north or NNE. Based on the sedimentary records analysis, profile retro-deformation, and estimated stretch properties of the abovementioned depressions, in combination with the fault slip data analyses at the surface, the southern detachment system is considered to be formed during the early Cretaceous Laiyang stage when the Zhucheng depression had a N-S stretching rate of 36%~41% and a possible NW-SE maximum stretching. This detachment system inherited an early deep decollement zone in the Jiaonan (or Su-Lu) orogenic belt, its late reactivation dominated the asymmetric extension pattern and controlled the development of the narrow, elongate sedimentary depression in the Jiaolai basin in Laiyang stage. The northern detachment system had taken shape during the stretching stage in the late Cretaceous. It is possible that the stretching process continued until the Paleocene and controlled the deposition of the Wangshi Formations. The N-S extension across the Laiyang and Gaomi depressions during the stage is estimated to be at 20%~25%, the maximum

收稿日期: 2006-07-05

第一作者简介: 张岳桥(1963-), 男, 教授(博士生导师), 构造地质与大地构造

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40572120)

stretching direction being nearly N-S. This detachment system accommodated the N-S pull-apart stretching of Jiaolai basin and its formation was related to the right-lateral shear along the NNE-trending boundary fault zones on the eastern and western sides of the basin. The spatial and temporal superimposition of these two detachment systems resulted in the complex extensional structural styles in the Jiaolai basin. The identification of these two deep detachment systems not only provides structural constraints on the mechanisms and dynamic setting of the basin formation, but also is of great significance for petroleum exploration in the basin.

Key words detachment fault; Cretaceous; Shandong Province; Jiaolai basin

拆离断层广泛发育于中、上地壳不同深度和不同层次中,是地壳伸展作用的重要变形方式^[1-3]。低角度拆离断层不仅发育在盆-岭山式的宽裂谷型或变质核杂岩型伸展构造中^[4-5],同时在造山带后碰撞伸展作用阶段和离散型板块早期演化阶段广泛发育,如在大西洋两岸、红海-亚丁湾两侧均发现裂谷初期大型低角度拆离断层^[6-7]。在意大利中部阿尔卑斯带发育大型活动低角度拆离断层^[8]。低角度拆离断层在中国东部新生代断陷盆地中也有发育,如在松辽盆地中

央隆起带基底发育拆离构造及其伴随的变质核杂岩^[9]、南华北中新代盆地深部^[10]。因此,深部拆离系统对断陷盆地的形成和演化起到了重要的控制。

胶莱盆地发育于郯庐断裂带东侧的鲁东地区,是一个白垩纪断陷盆地,经历了多阶段构造演化历史,盆地伸展构造出现时空叠加与复合,形成复杂的伸展构造样式;同时盆地原形遭受了后期不同类型改造^[11],成为一个典型的复合改造型断陷盆地^[12](图 1)。该断陷盆地横跨两个不同性质

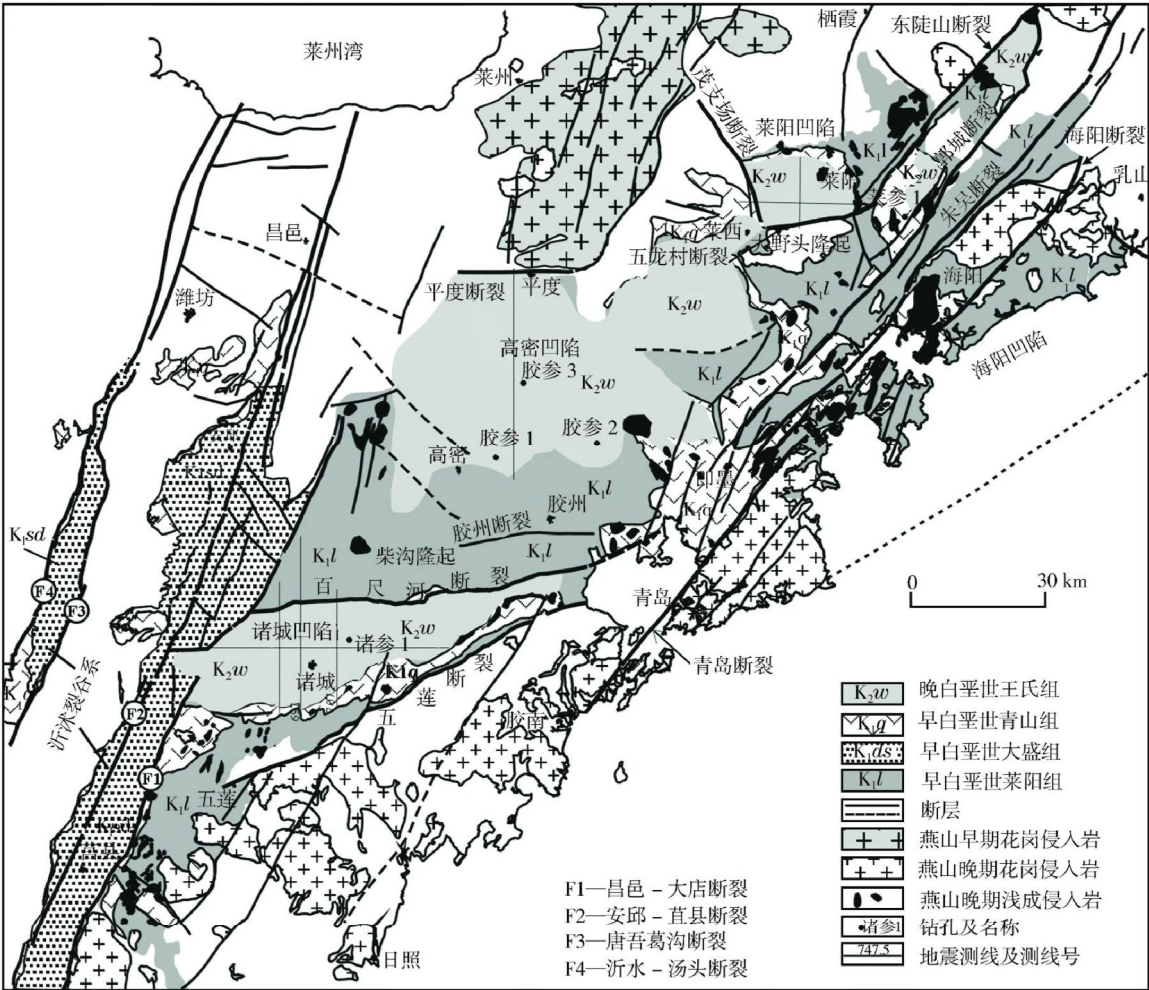


图 1 胶莱盆地构造简图

Fig. 1 Simplified structural map of the Jiaolai basin

的基底:东南部为胶南隆起带,属于苏鲁造山带的北带;西北部为胶北隆起,属于华北地块的组成部分,两者界线位于五莲-即墨-牟平断裂带。由于其特殊的大地构造位置,胶莱盆地的研究一直受到大地构造学家的关注^[13~15]。通常认为,郯庐断裂和五莲-即墨-牟平断裂带控制了胶莱盆地的形成和发育^[12,14~17]。随着石油勘探的深入和地表观察资料的积累,前人对盆地地层序列、沉积特征、深部结构、构造样式、地球物理场特征、构造演化历史等方面的认识也在逐渐深化^[18~26],并提出了盆地形成机理的不同模式,如构造拉分说^[12,22,23]、构造挤出说^[20]、伸展断陷说^[27]和岩石圈减薄说^[28]等。尽管这些模式从不同角度论证了盆地的形成过程,但对盆地的深层控制因素讨论较少,尤其是盆地深部大型低角度拆离断层对盆地发育的控制作用,没有引起足够的重视。有些学者^[29~32]发现在胶莱盆地东北边缘地带发育有大型层间滑动构造,它们成为山东蓬家夼式金矿的主要控矿构造。但对产生这种滑动构造的深部动力和区域构造背景,尚缺乏深入的探讨。

本文基于地震剖面解释结合重磁资料的解释成果,揭示了胶莱盆地深部两个不同时期形成的大型低角度拆离系统,通过控制不同伸展阶段盆地的构造样式和沉积记录的分析,讨论了胶莱原形盆地形成机理及其区域动力学背景。

1 主要控盆断裂基本特征

残留的胶莱盆地整体呈菱形,西界为郯庐断裂带,东部北北东向牟平-即墨断裂构造带将盆地分割为东、西两部分,东部地区称为海阳凹陷,其基底属于胶南造山带。西部地区由莱阳凹陷、大野头隆起、高密凹陷、诸城凹陷和柴沟隆起等次级构造单元组成。盆地南界为五莲断裂带,北界除了平度断裂以外,大部分超覆在胶北隆起之上。地震剖面及重磁资料解释结果显示,盆地内断裂以北西西走向为主,其次为东西向,北东向断层较少。盆地次级构造单元的主边界断裂以东西向为主,如诸城凹陷北缘的百尺河断裂、南缘的五莲断裂、高密凹陷南缘和北缘的胶县断裂和平度断裂、莱阳凹陷南缘的五龙村断裂等。这些断层的基本特征如下。

五莲断裂:分隔了胶莱盆地与胶南隆起带,通

常将其作为苏鲁造山带和华北地块之间的分界断裂。控制盆地的五莲断裂是一条向北陡倾、倾角大于 60° 的正倾滑断层,东西延伸长 140 km。断层上盘铅直断距在 1~2 km,控制了盆地内早白垩世莱阳组沉积。

百尺河断裂:发育于诸城凹陷北缘,近东-西向延伸,长达 120 km,断层向西经贾河,横切沐水裂谷带,并终止在安丘-莒县断裂带东侧;向东延伸终止在青岛(或牟平-即墨)断裂带上。断面南倾,上陡下缓呈犁形,上盘最大铅直断距大于 8 km,控制了断层下盘诸城凹陷莱阳组和王氏组的沉积。

胶县断裂:位于柴沟地垒北侧,近东-西向延伸,长 80 km,主断面向北倾,控制了胶县洼陷晚白垩世王氏组和古近系沉积,铅直断距大于 3 km。

平度断裂:发育于平度洼陷北缘,东西向延伸,长约 30 km。断面向南倾,上陡下缓呈铲形,上盘铅直断距大于 7 000 m,主要控制了平度洼陷晚白垩世王氏组和古近系沉积。

五龙村断裂:位于莱阳凹陷南缘,东西向延伸,长度大于 30 km。断面向北倾,倾角 $60^\circ \sim 70^\circ$,上陡下缓呈犁形,上盘铅直断距大于 3 600 m,控制了莱阳凹陷白垩系沉积。

2 深部拆离系统与盆地伸展构造样式

地震剖面解释结果显示,胶莱盆地深部发育两个低角度拆离系统:一个位于诸城凹陷深部,将其命名为南部拆离系统;另一个位于高密凹陷和莱阳凹陷深层,将其命名为北部拆离系统。

南部拆离系统见于诸城凹陷南北向地震测线上,表现为一组向南缓倾、连续的地震反射层面,倾角为 $5^\circ \sim 10^\circ$ (图 2)。在柴沟地垒深部,尽管地震资料信噪比很低,但断续的近水平反射层仍然存在,推测拆离面的存在。在诸城凹陷深部,主拆离面深 8~10 km,向南延伸深度可能加大至 15 km,即位于上、下地壳之间的转换带上。百尺河断层向下延伸与该拆离面交汇。总体上,该深层拆离系统北缘位于柴沟地垒之下,向南延伸于胶南隆起带之下,是一个大型的向南缓倾的拆离构造。诸城凹陷的发育受到该深层大型拆离构造和浅部百尺河断裂的控制。诸城凹陷内莱阳组沉积呈现出西深东浅、西厚东薄的特点,反映凹陷原

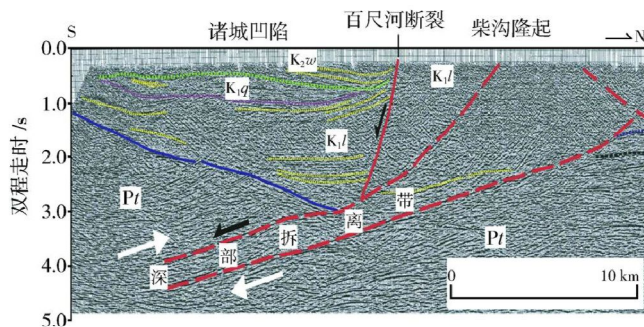


图 2 诸城凹陷 N-S 向地震测线 697 解释图

Fig. 2 Interpretation of N-S seismic line 697 across the Zhucheng depression

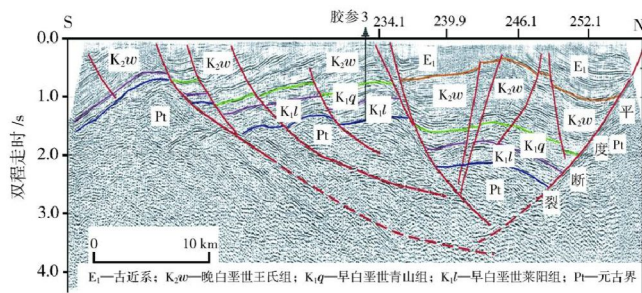


图 3 高密凹陷南北向地震测线 747.5 解释图

Fig. 3 Interpretation of N-S seismic line 747.5 across the Gaomi depression

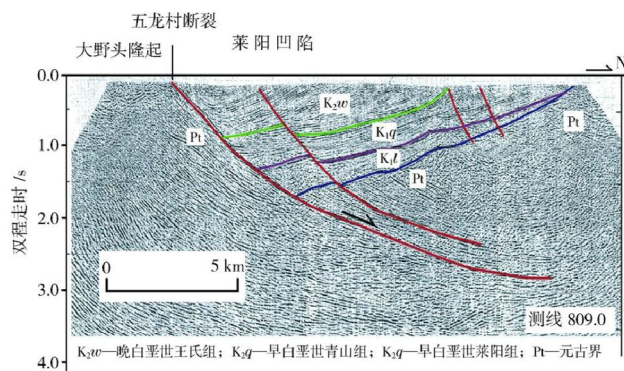


图 4 莱阳凹陷南北向地震测线 809 解释图

Fig. 4 Interpretation of N-S seismic line 809 across the Laiyang depression

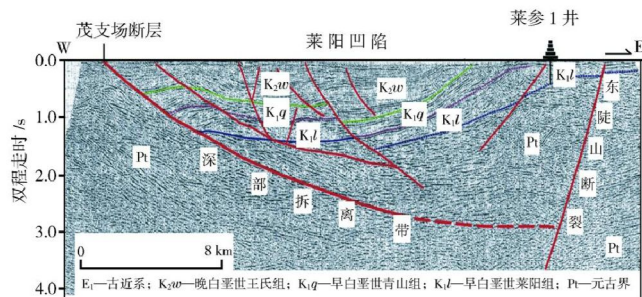


图 5 莱阳凹陷东西向地震测线 273 解释图

Fig. 5 Interpretation of E-W seismic line 273 across the Laiyang depression

形是一个向西加深的沉积湖盆。靠近凹陷西缘, 莱阳组地层厚度大于 5 000 m, 向东逐渐减薄, 诸参 1 井钻遇地层为 2 850 m (未见底), 在凹陷南缘东段地表出露的莱阳组地层厚度小于 1 000 m。在南北测线上, 凹陷形态表现为北断南超、北陡南缓、北深南浅, 形态极不对称的箕状凹陷。凹陷形态受北缘百尺河断裂控制, 沉降中心位于凹陷中央偏北一侧; 凹陷南部是一个向北缓倾的斜坡带, 莱阳组地层由北向南超覆其上。这种地层超覆关系指示拆离面上盘地块的向南倾滑和绕水平轴旋转。

北部拆离系统由一系列向北倾的铲形断层组成 (图 3 至图 5), 北倾的胶县断裂和五龙河断裂构成了这个拆离系统的南部地表边界。该深部拆离系统控制了高密凹陷和莱阳凹陷不对称的伸展构造样式。航磁异常和布格重力异常揭示, 高密凹陷基本构造格局表现为南北两个洼陷带和一个中央凸起带, 内部构造总体走向为北西西-南东东。北洼陷带由平度洼陷和姜山洼陷组成, 南洼陷带由胶州洼陷和高密洼陷组成, 中央凸起带由李家庄凸起和夏格庄凸起组成。凹陷沉积物最大厚度位于平度洼陷, 最厚大于 7 000 m。地震剖面解释显示, 控制凹陷次级构造的断裂呈铲形, 并一致地向北倾, 推测这些断层向深部交汇于向北缓倾的拆离带, 深度在 8~10 km。在莱阳凹陷, 深部拆离带显示西浅东深的特点, 凹陷南缘五龙村断层和西缘茂支场断层构成了该凹陷深部拆离系统的西南边界; 拆离面向东终止在北北东向东陡山断裂带西侧。构造剖面复原显示, 该深部拆离系统及盆地伸展构造样式主要控制了凹陷晚白垩世至古新世的沉积, 而对早白垩世莱阳组沉积没有明显的控制作用。

3 盆地伸展演化阶段与伸展量估计

地震剖面解释结果, 结合地表影响不同时代地层的断层运动学分析结果表明^[33-34], 胶莱盆地经历了 3 个显著不同的伸展阶段, 南、北两个深部拆离系统形成于早、晚两个不同时期的伸展阶段。

1) 早白垩世莱阳期伸展阶段: 该阶段伸展作用控制了胶莱原形盆地的发育, 在盆地内部记录了一套相带变化复杂、分布广泛的莱阳组河湖相

沉积序列。沉积-构造分析表明,莱阳期引张应力方向(即最大伸展方向)为北西-南东向,胶莱原形盆地横跨苏鲁造山带和胶北隆起,伸展变形主要集中在苏鲁造山带和胶北地块的边界带上,形成了两个狭长的断陷槽:一个沿胶南隆起北缘边界带和沂沭断裂带中段发育,形成莒县-诸城断陷槽,其西界受控于安丘-莒县断裂;另一个沿北北东向牟平-即墨断裂带发育,形成朱吴-即墨断陷槽。沿断陷槽北侧和西北侧的胶北隆起区,基底沉降,形成宽广的断陷槽斜坡带,成为物源的主要通道;沿朱吴-即墨断陷槽东侧,苏鲁造山带构造塌陷导致海阳深凹陷的发育。该伸展阶段早期岩浆活动不强烈,仅在海阳凹陷局部地区有活动;但在伸展作用晚期,火山喷发活动在莒县-诸城断陷槽西端的中楼-石场地区非常活跃,形成了城山后组火山喷发-火山碎屑沉积^[35]。

2) 早白垩世青山期伸展阶段: 这期伸展作用与莱阳期有显著的不同,根据同沉积构造断层滑动确定的最大伸展方向(引张应力方向)转为近西-东,伸展变形主要集中在郯庐断裂带,使该断裂带发生伸展断陷,形成北北东向狭长展布的沂沭裂谷系。胶莱盆地发生整体沉降,伸展变形不强烈,但裂谷作用显著,沿莒县-诸城断陷槽和朱吴-即墨断陷槽发生强烈的火山喷发活动,形成巨厚的火山喷发岩带。

3) 晚白垩世至古新世伸展阶段: 该阶段最大伸展方向转为近北-南,伸展作用使胶莱盆地近西-东向和北西-南东向断裂倾滑复活,形成宽广的伸展构造并控制了王氏组沉积,胶莱盆地现今轮廓基本形成。诸城凹陷在早白垩世断陷盆地的基础上,叠加了新的断陷盆地,使早期断陷沉积发生深埋;高密凹陷在原断陷斜坡基础上,形成了两洼夹一凸的构造格局,盆地拆离断层主体向北或北东倾;莱阳凹陷发生构造分异,东部山前店-蛇窝泊一带整体抬升,而西部莱阳地区发生断陷,受南侧近西-东向五龙河断裂和西侧茂芝场断裂正倾滑活动的控制。

为了定量分析不同伸展阶段盆地伸展量,运用 2D Move 程序,利用盆地基底、莱阳组顶部和王氏组底部反射层,对 5 条南北向地震剖面进行了构造复原,分别估算了诸城凹陷、高密凹陷、莱阳凹陷 3 个不同沉积时期的伸展量(表 1)。由表可以看出,在 3 个凹陷中,诸城凹陷总伸展量最大

表 1 胶莱盆地不同凹陷伸展量估算

Table 1 Estimates of extension in each depression in Jiaolai basin

凹陷名称	地震测线号	总伸展量 %	莱阳期伸展量 %	青山期伸展量 %	王氏期伸展量 %
莱阳凹陷	809.0	48.9	14.1	11.0	20.7
	804.3	51.2	25.4	0.4	17.6
诸城凹陷	692.2	67.4	40.9	3.3	6.4
	707.0	75.6	35.9	1.8	24.9
高密凹陷	747.5	51.1	9.5	7.1	33.1

(约 70%),而高密凹陷和莱阳凹陷接近一致(约 50%)。从时间分布特征看,各凹陷沿南北向的构造伸展主要发生在早白垩世莱阳组和晚白垩世王氏组沉积时期,早白垩世青山组沉积时期南北向伸展作用不显著。另外,在高密凹陷,王氏期伸展量显著地大于莱阳期和青山期伸展量,而在诸城凹陷内,莱阳期伸展量显著地大于王氏期的伸展量。在莱阳凹陷内,莱阳期和王氏期伸展量变化较大,总体趋于一致。

4 讨论

尽管前人对胶莱盆地形成过程提出了不同的动力学模式,但仍然存在争议。胶莱盆地南、北两个拆离系统的识别对揭示盆地不同演化阶段深部机理和区域动力学背景具有重要的意义。盆地伸展构造样式和伸展量估算结果显示不同沉积阶段伸展作用是不一样的。这种异性特征主要受不同的深部拆离系统控制,其形成的动力学背景也是不同的。

早期伸展作用发生在早白垩世莱阳组沉积时期,其伸展作用和伸展构造样式受盆地南部拆离系统的控制。这个拆离系统继承了盆地南缘胶南隆起带深部滑脱构造。结合横跨苏鲁造山带深反射地震剖面解释结果^[36],笔者推断,胶南隆起带深部发育构造滑脱面,胶南隆起带沿此滑脱面由南(或南东)向北(或北西)逆掩推覆在胶北地块之上(图 6)。根据这种新的深部构造解释,笔者认为,苏鲁造山带与华北地块之间的边界带表现为一大型南倾滑脱构造带,其地表位置大致位于胶莱盆地南部诸城凹陷的沉降中心地带。这种解释改变了前人的观点,即通常将胶莱盆地南缘的五

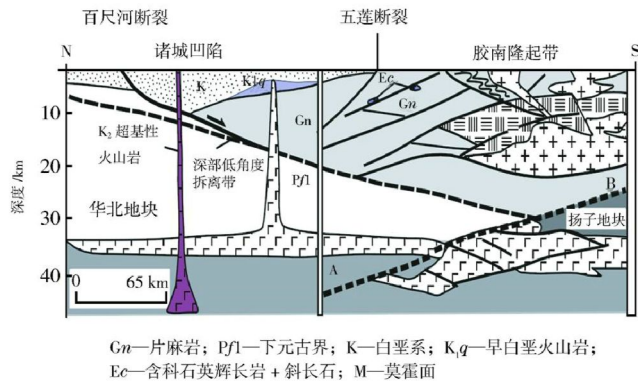


图 6 胶南隆起带与胶莱盆地南部深部拆离系统剖面示意图^[36]

Fig. 6 Schematic cross section showing the detachment system in deep of Jiaonan uplift and southern Jiaolai basin (modified from Yang 2002^[36])

莲断裂带作为苏鲁造山带与华北地块之间的边界带。事实上,五莲断裂不是一条深大断裂,它属于胶南隆起带北侧一系列北倾断裂系的组成部分。该断裂于早白垩世早期伸展复活,但其正倾滑运动幅度较小,小于诸城凹陷北缘的百尺河断裂。可以肯定地说,控制胶莱盆地莱阳组沉积凹陷的深部构造明显继承了胶南隆起带深部滑脱构造。早白垩世早中期区域应力场由挤压转变为引张,在区域伸展应力场的作用下,增厚的胶南造山带在重力作用下发生滑塌,沿着深部构造滑脱带发生正倾滑运动,并在滑脱带后缘伸展,形成狭长的断陷槽,即胶莱原形盆地,并在局部地区有火山喷发活动。

本文提出的构造模式不支持莱阳期原形盆地走滑拉分伸展或构造挤出伸展模式。根据走滑拉分伸展或构造挤出伸展模式^[12-20],早白垩世莱阳组沉积时期,郯庐断裂表现为左旋走滑,而五莲断裂为右旋走滑,它们共同控制了胶莱盆地基底地块的向北东方向挤出。这种块体挤出模式无法解释盆地南缘大型基底拆离构造。胶莱原形盆地恢复结果表明,莱阳组沉积凹陷和沉降中心位于胶莱盆地南部的诸城凹陷和东部牟即断裂带及其以东的海阳凹陷地区,最大的沉积厚度大于 8 000 m,根据沉积凹陷轴推断最大伸展方向为北西-南东。这种凹陷展布特征指示当时断陷盆地的发育与苏鲁造山带构造密切相关。

地震剖面解释和地表构造变形分析结果显示,在早白垩世青山组或大盛组沉积末期,区域应

力场转变为北东-南西向挤压,胶莱盆地发生构造反转。这期挤压变形使郯庐断裂带发生左旋走滑活动,沂沭裂谷带内沉积地层普遍褶皱。在胶莱盆地内部,挤压变形(褶皱和断裂构造)主要发生在盆地西缘沿郯庐断裂带一侧和盆地东缘沿牟即断裂带,盆地整体抬升剥蚀,在上、下白垩统之间形成明显的角度不整合。

晚白垩世时期,中国东部区域构造应力场发生了重大的转换,这个时期,郯庐断裂以右旋走滑活动为主^[34]。受到郯庐断裂带和牟平-即墨断裂带右旋剪切应力场的作用,夹于这两条大断裂之间的胶莱盆地发生剪切拉分,导致盆地近南-北向拉张伸展,在早期断陷和裂谷盆地的基础上,叠加了诸城凹陷、高密凹陷和莱阳凹陷等新的、总体呈菱形状展布的断陷盆地,控制了晚白垩世王氏组沉积。根据控制盆地的地层记录,这期走滑拉分伸展作用可能持续到古新世。这个时期的走滑拉分不仅使胶莱盆地南部拆离系统又一次复活,沿百尺河断裂带正倾滑活动,在其上盘叠加了新的断陷盆地;同时,盆地北部高密凹陷和莱阳凹陷深部拆离系统强烈活动,犁式断层的旋转和地块翘倾作用,控制了凹陷的沉积-沉降和隆-凹格局。与南部拆离系统相比,北部拆离系统发生在胶北地块内部,拆离断裂系统分布宽,它可能继承了地块前白垩纪逆冲构造格局。这期断裂右旋拉分作用可能影响到了上地幔,在盆地中发育基性、超基性玄武岩脉,侵入时代为 73 Ma^[33]。

5 结论

1) 地震剖面解释揭示了胶莱盆地深部南、北两个拆离系统:南部拆离系统主拆离面向南缓倾,深度在 8~10 km,该拆离面继承了胶南造山带早期构造滑脱面,在早白垩世早期伸展阶段,因造山带构造塌陷,沿滑脱面发生伸展拆离,从而控制了胶莱原形盆地的发育和莱阳组沉积。北部拆离系统由一系列北倾犁式断层组成,深部拆离带深度 8~10 km,向北缓倾,它们控制了高密凹陷和莱阳凹陷次级洼-凸构造格局,主要形成于晚白垩世伸展阶段,控制了王氏组沉积。

2) 基于构造地层分析和地表断层滑动矢量反演结果,胶莱盆地白垩纪时期经历了 3 个显著

不同的伸展阶段。基于地震剖面复原的伸展量估算结果表明,盆地南北向伸展作用主要发生在早白垩世莱阳期和晚白垩世伸展阶段,其中莱阳期伸展主要发生在盆地南部诸城凹陷,伸展量约 50%,受向胶南造山带倾伏的深部拆离系统控制;而高密凹陷伸展作用主要发生在晚白垩世伸展阶段,伸展量达 33%。

3) 胶莱盆地深部南、北两个不同时期发育的低角度拆离系统的识别,不仅对盆地形成机理和动力学提供了重要的深部构造制约,同时对盆地油气勘探具有重要的指导意义。

参 考 文 献

- 1 马杏垣. 论伸展构造 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1982, 3: 15~22
Ma Xingyuan. On extensional tectonics [J]. Earth Science Journal of China University of Geosciences, 1982, 3: 15~22
- 2 朱志澄. 伸展构造和拆离断层 [J]. 地质科技情报, 1987, 6(1): 19~22
Zhu Zhicheng. Extensional structures and detachment faults [J]. Geological Science and Technology Information, 1987, 6(1): 19~22
- 3 刘和甫, 李晓清, 刘立群, 等. 伸展构造与裂谷盆地成藏区带 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 537~552
Liu Hefu, Li Xiaqing, Liu Liqun, et al. Petroleum plays in rift basins and extensional structures [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 537~552
- 4 Wernicke B, Burchfiel B C. Modes of extensional tectonics [J]. Journal of Structural Geology, 1982, 4: 105~113
- 5 Buck W R, Martinez F, Steckler M S, et al. Thermal consequences of lithospheric extension: pure and simple [J]. Tectonics, 1988, 7(2): 213~234
- 6 Reston T J, Ruoff O, McBride J H, et al. Detachment and steep normal faulting in Atlantic oceanic crust west of Africa [J]. Geology, 1996, 24(9): 811~814
- 7 Woldai Ghebreh. Tectonics of the Red Sea region reassessed [J]. Earth Science Reviews, 1998, 45: 1~44
- 8 Collettini C, Barchi M R. A low angle normal fault in the Umbria region (Central Italy): a mechanical model for the related microseismicity [J]. Tectonophysics, 2002, 359: 97~115
- 9 张晓东, 余青, 陈发景, 等. 松辽盆地变质核杂岩和伸展断陷的构造特征及成因 [J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 411~419
Zhang Xiaodong, Yu Qing, Chen Fajing, et al. Structural characteristics, origin and evolution of metamorphic core complex in central basement uplift and Xujiaweizi faulted depression in Songliao basin, northeast China [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 411~419
- 10 黄泽光, 高长林, 吉让寿. 南华北地区中生代盆地演化 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 252~256
Huang Zeguang, Gao Changlin, Ji Rangshou. Analysis of evolution of Mesozoic basins in southern North China [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 252~256
- 11 刘池洋. 后期改造强烈——中国沉积盆地重要特点之一 [J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255~261
Liu Chiayang. Strong late-reformation: one of the important characteristics of sedimentary basins in China [J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(4): 255~261
- 12 陆克政, 戴俊生. 胶莱盆地的形成和演化 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1994: 1~174
Lu Kezheng, Dai Junsheng. Evolution of Jiaolai pull-apart basin [M]. Shandong Dongying Petroleum University Publishing House, 1994: 1~174
- 13 任纪舜. 从全球看中国大地构造 [M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1~15
Ren Jishun. China tectonics in the light of global [M]. Beijing Geological Publishing House, 1999: 1~15
- 14 贾东, 何永明, 施央申, 等. 山东地体构造及其拼贴运动学研究 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1993: 1~100
Jia Dong, He Yongming, Shi Yangshen, et al. Studies on the Shandong terrane tectonics and its kinematics of terrane collage [M]. Nanjing Publishing House of Nanjing University, 1993: 1~100
- 15 张建新, 杨天南, 许志琴, 等. 胶南地区的伸展作用——以胶南-诸城一带为例 [J]. 地球学报, 1997, 18(2): 122~128
Zhang Jianxin, Yang Tiannan, Xu Zhiqin, et al. Extension of Jiaonan area in Shandong [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1997, 18(2): 122~128
- 16 蔡乾忠. 横贯黄海的北中朝造山带与北、南黄海成盆成烃关系 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 185~192, 196
Cai Qianzhong. Relationship between Sino-Korean orogenic belt traversing Yellow Sea and basin evolution and hydrocarbon generation in North and South Yellow Sea basins [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 185~192, 196
- 17 郑求根, 蔡立国, 丁文龙, 等. 黄海海域盆地的形成与演化 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 647~654
Zheng Qiugen, Cai Liguo, Ding Wenlong, et al. Development and evolution of basins in Yellow Sea [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 647~654
- 18 李桂群, 范德江, 任景明. 胶莱盆地的发育演化及其油气前景探讨 [J]. 青岛海洋大学学报, 1994, 24(3): 413~419
Li Guiqun, Fan Dejiang, Ren Jingming. The evolution features of the Jiaolai basin and study of its prospective oil and gas deposits [J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 1994, 24(3): 413~419
- 19 李桂群, 范德江. 胶莱盆地构造单元划分及其特征 [J]. 青岛海洋大学学报, 1994, 24(2): 239~246
Li Guiqun, Fan Dejiang. Tectonic units division and their characteristics in the Jiaolai basin [J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 1994, 24(2): 239~246

- 20 戴俊生, 陆克政, 宋全友, 等. 胶莱盆地的运动学特征 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 1995, 19(2): 1~6
Dai Junsheng Lu Kexing Song Quanyou et al Kinematic characteristics of Jiaolai basin [J]. Journal of the University of Petroleum, China 1995, 19(2): 1~6
 - 21 陈书平, 戴俊生, 宋全友, 等. 胶莱盆地构造应力场特征及数学模拟 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 1998, 22(3): 19~25
Chen Shuping Dai Junsheng Song Quanyou et al Features of tectonic stress field in Jiaolai basin [J]. Journal of the University of Petroleum, China 1998, 22(3): 19~25
 - 22 唐华风, 程日辉, 白云凤, 等. 胶莱盆地构造演化规律 [J]. 世界地质, 2003, 22(3): 246~251
Tang Huafeng Cheng Rihui Bai Yunfeng et al Tectonic evolution of the Jiaolai basin [J]. Global Geology 2003, 22(3): 246~251
 - 23 廖远涛. 胶莱盆地的盆地样式及构造演化 [J]. 新疆石油地质, 2002, 23(4): 345~347
Liao Yuantao The pattern and tectonic evolution of Jiaolai basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology 2002, 23(4): 345~347
 - 24 陈清华, 宋若微, 戴俊生, 等. 胶莱盆地重磁资料解释与构造特征分析 [J]. 地球物理学进展, 1994, 9(3): 70~79
Chen Qinghua Song Ruowei Dai Junsheng et al Jiaolai basin gravitic and magnetic data interpretation and structural analysis [J]. Progress in Geophysics 1994, 9(3): 70~79
 - 25 黄太岭. 胶莱盆地区域地球物理场特征及构造单元划分 [J]. 山东地质, 2000, 16(3): 41~47
Huang Taili Characteristics of regional geographical field in Jiaolai basin and its tectonic unit division [J]. Geology of Shandong 2000, 16(3): 41~47
 - 26 翟慎德. 胶莱盆地莱阳凹陷构造特征及演化 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(2): 137~142
Zhai Shende Structural characteristics and evolution in the Laiyang depression of the Jiaolai basin [J]. Petroleum Geology and Experiment 2003, 25(2): 137~142
 - 27 吴智平, 李凌, 李伟, 等. 胶莱盆地莱阳期原型盆地的沉积格局及有利油气勘探区选择 [J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(3): 330~337
Wu Zhiping Li Ling Li Wei et al Sedimentary pattern of prototype basin in the deposition period of Laiyang formation and the advantageous areas for oil and gas exploration of Jiaolai basin [J]. Geotectonica et Metallogenia 2004, 28(3): 330~337
 - 28 徐贵忠, 周瑞, 闫臻, 等. 论胶东地区中生代岩石圈减薄的证据及其动力学机制 [J]. 大地构造与成矿学, 2001, 25(4): 368~380
Xu Guizhong Zhou Rui Yan Zhen et al Discussion on the evidences of Mesozoic lithosphere thinning and its dynamic mechanism in the Jiaodong area [J]. Geotectonica et Metallogenia 2001, 25(4): 368~380
 - 29 沈远超, 杨金中, 刘铁兵, 等. 胶东新型金矿——层间滑动角砾岩型金矿床 [J]. 地质与勘探, 2002, 38(2): 11~14
Shen Yuanchao Yang Jinzhong Liu Tiebing et al Interlayer slide-breccia gold deposit a new type of gold deposit discovered in Jiaodong region [J]. Geology and Prospecting 2002, 38(2): 11~14
 - 30 杨金中, 沈远超, 赵玉灵. 层间滑动角砾岩型金矿床的地质特征及形成机制——以山东乳山蓬家金矿为例 [J]. 黄金科学技术, 1999, 7(3): 15~20
Yang Jinzhong Shen Yuanchao Zhao Yuling Geological characteristics and genesis of interstratified glide breccia type gold deposit as exemplified by Pengjiakuang gold deposit [J]. Gold Science and Technology 1999, 7(3): 15~20
 - 31 杨金中, 赵玉灵, 沈远超, 等. 胶莱盆地东北缘与低角度拆离有关的金成矿作用——以山东海阳郭城金矿为例 [J]. 黄金科学技术, 2000, 8(4): 13~20
Yang Jinzhong Zhao Yuling Shen Yuanchao et al Golden mineralization associated with lower-angle detachment faults in the northeast of Jiaolai basin [J]. Gold Science and Technology 2000, 8(4): 13~20
 - 32 邹为雷, 沈远超, 杨金中, 等. 浅析胶莱盆地边缘层间滑动断层构造及其控矿机制 [J]. 地质地球化学, 2001, 29(2): 58~65
Zhou Weilei Shen Yuanchao Yang Jinzhong et al A preliminary discussion on the interstratified glide fault at the margin of Jiaolai basin and its ore controlling mechanism [J]. Geology-Geochemistry 2001, 29(2): 58~65
 - 33 施炜, 张岳桥, 董树文, 等. 山东胶莱盆地构造变形及形成演化——以王氏群和大盛群变形分析为例 [J]. 地质通报, 2003, 22(5): 325~334
Shi Wei Zhang Yueqiao Dong Shuwen et al Tectonic deformation and formation and evolution of the Jiaolai basin, Shandong: a case study of a deformation analysis of the Wangshi and Dasheng Groups [J]. Geological Bulletin of China 2003, 22(5): 325~334
 - 34 张岳桥, 董树文, 董伟, 等. 中生代胶莱盆地构造变形历史——以鲁东地区为例 [J]. 地质学报, 2003, 77(3): 243~258
Zhang Yueqiao Shuwen Dong Wei Shi Cretaceous deformation history of the middle Tan-Lu fault zone in Shandong Province, eastern China [J]. Tectonophysics 2003, 363(3-4): 243~258
 - 35 山东省第四地质矿产勘察院. 山东省区域地质 [M]. 济南: 山东省地质出版社, 2003, 1~970
Fourth Geological and Mineral Exploration Academy. Regional geology of Shandong Province [M]. Jinan: Geographical Publishing House of Shandong Province 2003, 1~970
 - 36 杨文才. 苏鲁超高压变质带东部的构造变形 [J]. 地质学报, 2002, 76(3): 277~288
Yang Wencai Geophysical profiling across the Sulu ultra-high-pressure metamorphic belt, eastern China [J]. Tectonophysics 2002, 354: 277~288
 - 37 闫峻, 陈江峰, 谢智, 等. 鲁东晚白垩世玄武岩及其幔源包体的岩石学和地球化学研究 [J]. 岩石学报, 2005, 21(1): 99~112
Yan Jun Chen Jiangfeng Xie Zhi et al Studies on petrology and geochemistry of the Later Cretaceous basalts and mantle-derived xenoliths from eastern Shandong [J]. Acta Petrologica Sinica 2005, 21(1): 99~112
- (编辑 高岩)

(编辑 高 岩)