

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

施 炜¹, 张岳桥¹, 董树文¹, 武 丽², 杜利林³

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国石油化工集团石油勘探开发研究院, 北京 100083;

3. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要: 胶莱盆地是形成于中生代晚侏罗世的陆相盆地, 构造变形较为复杂。在野外断裂构造变形观测的基础上, 结合年代学数据和地层沉积序列, 确立了胶莱盆地白垩纪的变形演化历史。总体上, 胶莱盆地在形成和演化过程中沉积了3套地层, 经历了多个构造变形阶段。其中, 发生在白垩纪的变形阶段主要有(1)早白垩世早期, 鲁东地区受区域近E-W向引张应力场控制, 胶莱盆地发生大规模的火山喷发, 喷发间歇期沉积了大盛群; 早白垩世晚期, 受强烈的区域性NW-SE向挤压, 胶莱盆地褶皱回返。(2)晚白垩世早期, 在区域近S-N向引张应力作用下, 诸城断陷盆地发育王氏群沉积; 晚白垩世晚期, 胶莱盆地受区域性NE-SW向挤压, 导致王氏群褶皱变形。

关键词: 胶莱盆地; 沂沭裂谷; 构造应力场; 白垩纪; 山东

中图分类号: P551 文献标识码: A 文章编号: 1671-255X(2003)05-0325-10

胶莱盆地位于山东半岛, 总体走向NE-SW向。向西通过昌邑-大店断裂, 与沂沭裂谷系斜交, 东面止于即墨断裂, 南北方向上夹于胶南造山带和胶北隆起之间, 平面上大致呈不对称的四边形(图1)。胶莱盆地的形成与演化经历了多个阶段。目前关于其形成机制主要有两种观点。一种观点认为胶莱盆地起因于华北地块和扬子地块碰撞造山后期, 地体抬升引起正断拉伸, 山前断裂发育, 导致胶莱盆地边断陷边接受莱阳群沉积, 即胶莱盆地是碰撞造山带形成后均衡补偿作用所形成的后继盆地。其主要证据是盆地边缘发育指示快速堆积的典型磨拉石^[1], 动力学机制属于特提斯消亡的陆块碰撞机制。但莱阳群在鲁东呈北东向展布, 而且胶莱盆地的边界断裂具明显的走滑性质, 很显然, 这一观点还存在疑义。另一种是拉分盆地的观点, 认为胶莱盆地莱阳群沉积初期, 古太平洋板块向NNW-NW方向俯冲, 导致郯庐断裂大规模左旋活动, 而五莲断裂发生右旋活动。在其共同作用下, 不规则的胶北地块

被北东向拉出, 胶莱盆地开始形成^[2]。其动力学背景则是环太平洋的单剪机制。然而, 作为胶莱盆地的主控断裂昌邑-大店断裂(F_1)和五莲断裂, 一条左旋活动, 而另一条右旋活动, 这并非拉分盆地的形成机制, 尚且能否产生如此大的北东向的拉力, 也值得怀疑。

总之, 胶莱盆地的形成演化历史至今仍存在争议。本文根据胶莱盆地的构造变形和盆地沉积序列, 认为胶莱盆地在形成演化过程中主要沉积了3套地层, 经历了多期引张-挤压构造变形阶段, 并对其白垩纪期间的构造变形进行了分析, 从而反演了胶莱盆地白垩纪的演化历史。

1 胶莱盆地地层沉积序列

胶莱盆地只发育中、新生代地层, 缺失古生代沉积^[3], 是白垩纪陆相碎屑岩及火山岩盆地。盆地内主要沉积了3套地层(图2): 下部是晚侏罗世莱阳群河湖相碎屑岩, 地层轻微褶皱变形。莱阳群沉积时受昌

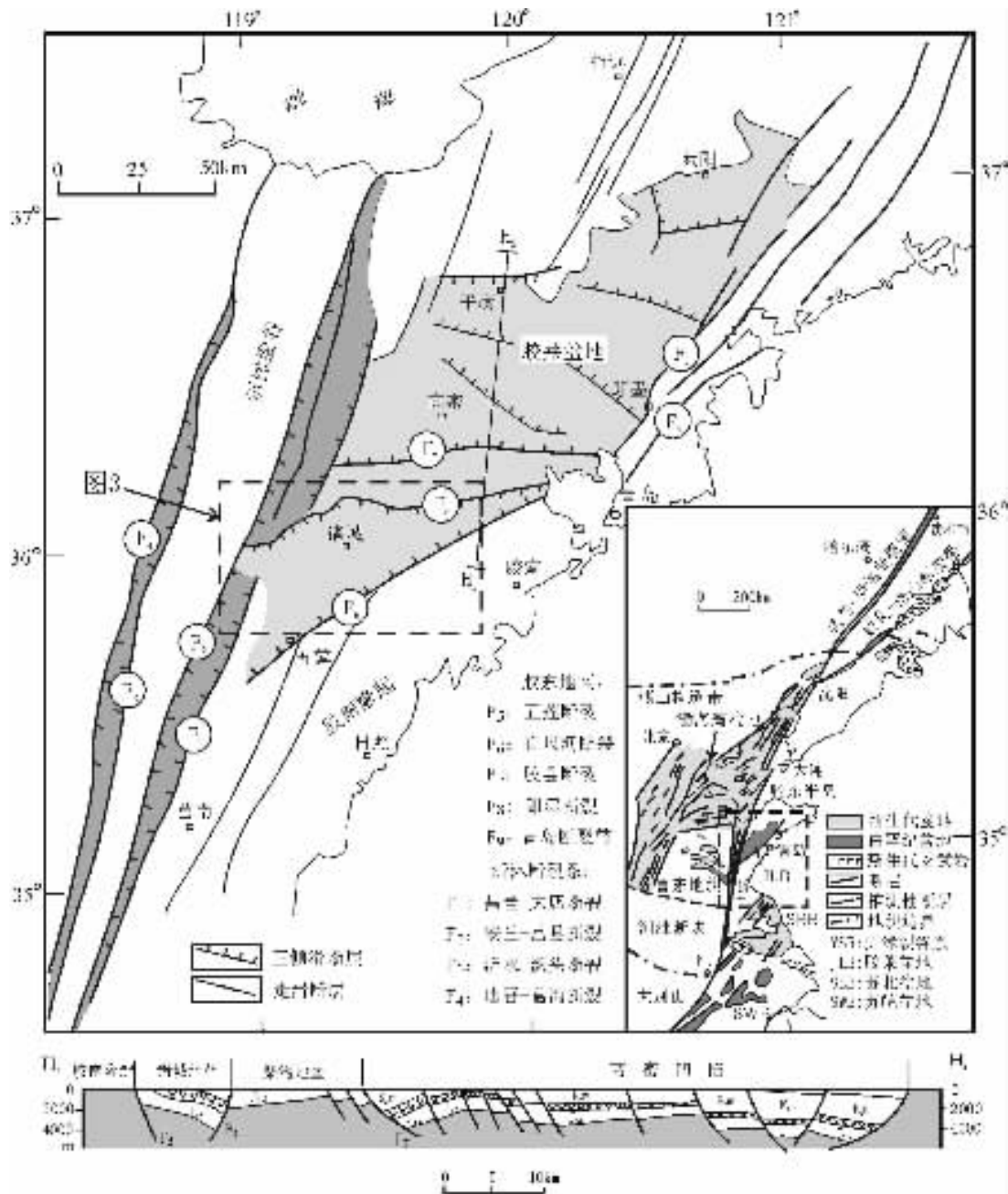


图1 郯庐断裂带山东段沂沭裂谷系和胶莱盆地构造简图(据陆克政等 ,1994)

Fig. 1 Tectonic sketch map of the Yi-Shu rift system and Jiao-Lai basin along the Tan-Lu fault zone in Shandong

邑-大店断裂、五莲断裂、即墨断裂控制(图1),其沉降中心分别位于诸城地区和莱阳地区。莱阳群上覆地层早白垩世青山群是一套中酸性火山喷发岩,青山期盆地主控断裂为即墨断裂(图1)。胶莱盆地最上部为晚白垩世王氏群红色砂砾岩系。王氏群沉积时期,盆地内发育一系列近东西向的断层,如胶县断层、百尺河断层等,控制了王氏群的沉积。盆地由一

系列地堑、半地堑和地垒组成。白垩纪地层与下伏基底呈不整合接触。

1.1 莱阳群

莱阳群时代属晚侏罗世^[3],是一套河湖相沉积,与下伏前寒武纪地层不整合接触,厚1 000~3 600 m。主要发育在胶莱盆地中,其走向为NE-SW至E-W向,与NNE走向的郯庐断裂带斜交。其沉积作用随

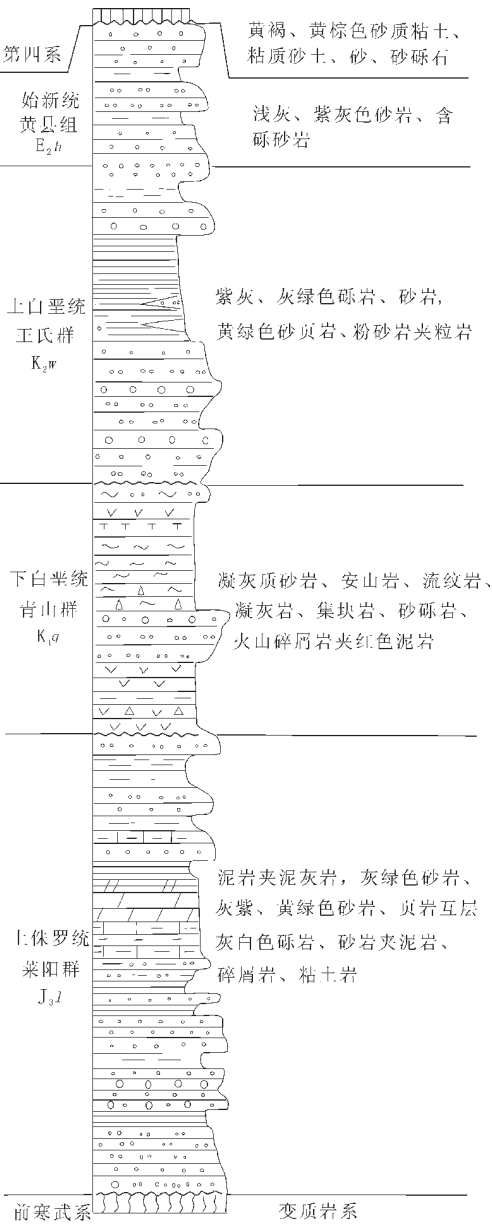


图2 胶莱盆地沉积序列
(据中国石油地质志16卷,1992修编)

Fig. 2 Sedimentary sequences of the Jiao-Lai basin

沉降加剧逐渐由东北向西南迁移。莱阳群划分为11个组^①,但从成分、颜色、粒度等方面,基本上可归为两大旋回,韵律结构清楚。

下旋回由山麓洪积相—河流相—湖相—河流相组成。该旋回底部为瓦屋乔组和林寺山组,主要为灰紫、灰黄色巨砾岩、粗砾岩,含灰黄、灰绿色砂岩、

页岩,厚约202~225 m,是一套洪积扇沉积,主要发育在盆地演化早期;中下部为止凤庄组,是一套灰色、灰棕色含砾砂岩夹粉砂岩、页岩组合,厚约100~330 m,为河流相沉积;中部为水南组和龙旺庄组,主要为灰黑色页岩、粉砂岩夹细砂岩、粉砂质微晶灰岩,厚约617 m,为湖相—浅湖相沉积;上部为杨家庄组和曲格庄组,是一套棕黄色、黄绿色到紫红色的中细粒砂岩、含砾砂岩夹粉砂岩的岩石组合,为盆地演化晚期的一套含火山物质的河流相沉积,沉积物粗细相间,具二元结构特点,厚约1 300 m。

上旋回由山麓洪积相—河流相—湖相组成。该旋回底部为杜村组,是一套粗碎屑冲积扇沉积物,主要岩性为灰褐色粗砾岩,厚度变化较大;中下部为一套火山碎屑岩、火山熔岩的组合,岩性主要为安山集块角砾岩、安山质凝灰岩,厚约360~1 300 m;中部为马连坡组,为一套巨厚的含火山碎屑韵律型陆源沉积,总厚度达3 380 m;上部为法家茛组,主要岩性为黄绿色薄层状细砂岩、粉砂岩、页岩、泥岩,为盆地演化晚期浅湖相沉积。

1.2 青山群

青山群是早白垩世一套火山喷发形成的火山岩系^[3],遍布于沂沭裂谷和胶莱盆地,自下而上可划分为4个组,分别对应4个火山喷发旋回。不同喷发旋回其火山活动范围不同。最早的火山喷发旋回为后乔组喷发旋回,后乔组是一套酸性火山碎屑岩夹正常沉积,岩性为灰绿、灰白色流纹质凝灰岩、角砾凝灰岩、英安质火山角砾岩等。主要发育于胶莱盆地中,主要活动时期为126~120 Ma^①。其特点是喷发和沉积交替^[3]。第二个火山喷发旋回八亩地组是青山期最强烈的火山喷发旋回,在沂沭裂谷带和胶莱盆地内均非常发育,以中基性火山物质沉积为主,岩性主要为安山岩、安山质集块角砾岩、凝灰岩等。主要喷发时期为120~110 Ma^①。邱检生等^[4]在五莲地区分水岭火山机构中获得的2个⁴⁰Ar—³⁹Ar年龄值为108~109 Ma。其特点是周期性间歇喷发。石前庄组是青山期火山活动第三旋回的一套中酸性火山岩系,主要发育于胶莱盆地,沂沭裂谷内有少量分布,岩性为英安岩、英安质凝灰岩、流纹岩、流纹质凝灰岩等。主要喷发时期为110~100 Ma^①。方戈庄组是青山期火山活动最末一次喷发旋回的产物,由一套偏碱性的中基性火

① 山东省第四地质矿产勘查院地质调查所.山东区域地质调查总结报告.2000.

山岩系组成,岩性以玄武粗安岩、玄武粗安质集块角砾岩等为主,夹紫红色细砂岩,主要喷发时期为100~90 Ma^①,在胶莱盆地比较发育。

1.3 大盛群

是一套早白垩世的山麓冲洪积和河湖相砂砾岩沉积,主要发育于沂沭裂谷盆地中,是沂沭裂谷剧烈沉降阶段的产物。在沂沭裂谷内,该套沉积岩系直接覆盖在八亩地组火山喷发岩之上。在胶莱盆地,火山喷发间隙有大盛群沉积,故大盛群呈夹层产出于青山群火山岩之中。大盛群下部是一套灰紫、紫红色复成分砾岩,向上变为灰黄、黄绿色粉砂岩、页岩。砾石成分以火山岩角砾为主,分选性差,磨圆度中等。大盛群上部主要岩性为灰紫色、黄绿色中粒砂岩、细砂岩和粉砂岩。在郯城马陵山一带,出露一套红色、暗紫红色泥质粉砂岩、细砂岩,可见浊流沉积特征,指示深水湖相沉积,局部地方可见波痕和龟裂,代表湖相沉积。

1.4 王氏群

王氏群属于上白垩统,以河流相为主,间有浅湖相的干旱、半干旱环境沉积,指示为白垩纪裂谷演化的末期。以红色调为主,间有黄绿、灰绿色的碎屑岩组合。部分地区也可见淡水灰岩、泥灰岩,有时见石膏薄层和扁豆体。王氏群上部的红土崖组是其特征地层,该组主要岩性为灰紫色、砖红色细砂岩、粉砂岩。在诸城贾悦和郯城麦坡可见壮观的红土地貌,且有大量超基性岩脉侵入。盆地沉积由南东向北西方向迁移,沉积晚期越过昌邑-大店断裂,进入沭水地堑(即沂沭裂谷东地堑)。

2 胶莱盆地白垩纪构造变形与构造应力场

胶莱盆地形成演化是通过盆地内断裂变形分析和地层沉积序列恢复的,对不同时代地层构造变形从新到老逐步筛分,并注意滑动矢量的叠加分析,从而反演出盆地白垩纪构造应力场演化次序。

2.1 晚白垩世构造应力场

晚白垩世构造应力场是通过诸城盆地构造变形观测反演的。诸城盆地位于胶莱盆地西南端,平面上大致呈三角形,近E-W向展布,向西延伸,叠加在沂沭裂谷东地堑——沭水地堑之上(图1)。该盆地

受北缘百尺河断裂正断活动控制(图3),是叠加在胶莱盆地上的晚白垩世北断南超箕状断陷盆地。

在诸城贾悦以西地区,广泛出露上白垩统砖红色地层,该套地层轻微褶皱,形成一系列宽缓的小褶皱。在贾悦范家官庄(观测点JL-09)上白垩统砖红色泥岩中发育大量同沉积断层,同一岩层下盘厚度相对较大,其断面呈犁形(图版I-1)。通过对断层滑动矢量进行观测和分析,获得了晚白垩世2期构造应力场(图3,表1、2),断陷盆地同沉积断层指示早期近N-S向的引张作用,晚期应力场转变为NE-SW向挤压,这可能是导致王氏群褶皱变形的主要原因。此外,年代学研究^[5,6]表明,华北东部这一时期断裂带曾受挤压而强烈活动。

另外,在贾悦中洛庄(观测点JL-08)出露诸城盆地北缘主边界断裂,走向近东西向,其大断面上发育一组擦痕,指示近S-N向引张(图3)。该处还发育一组将这一大断面错开的NNW向断层,其断面上发育一组近水平的擦痕,指示NE-SW向挤压,而且其重结晶生长线理表明该断面将与其斜交的大断面左旋错开。对该点的观测同样获得了与JL-09点相同的晚白垩世2期构造应力场(图3,表1、2),即早期近S-N向引张,晚期NE-SW向挤压。在贾悦另一地点(观测点JL-11)也发现出露很好的控制王氏群沉积的主边界断裂(图版I-2),其上仅发育一组擦痕,也指示了近S-N向引张构造应力场(图3,表1)。

总之,晚白垩世鲁东地区受2期构造应力场控制,早期为近S-N向引张,晚期为NE-SW向挤压。晚白垩世晚期,在区域构造应力场NE-SW向挤压作用下,盆地内王氏群褶皱变形。

2.2 早白垩世构造应力场

早白垩世大盛群在胶莱盆地以夹层形式产于青山群火山岩之中,分布局限,而在沂沭裂谷系中大盛群出露很好,大部分构造形迹可直接观测,是揭示早白垩世构造变形的一个较好“窗口”。因此对早白垩世大盛群的研究主要集中在沂沭裂谷系中,如马站盆地、莒县盆地和郯城盆地。沂沭裂谷为NNE走向的断陷盆地,呈狭长带状展布,受4条主边界断裂控制。盆地下部为八亩地组中基性火山喷发岩系,出露在盆地的边缘和地垒区,大盛群砂砾岩系不整合覆盖于其上(图4)。

① 山东省第四地质矿产勘查院地质调查所.山东区域地质调查总结报告.2000.

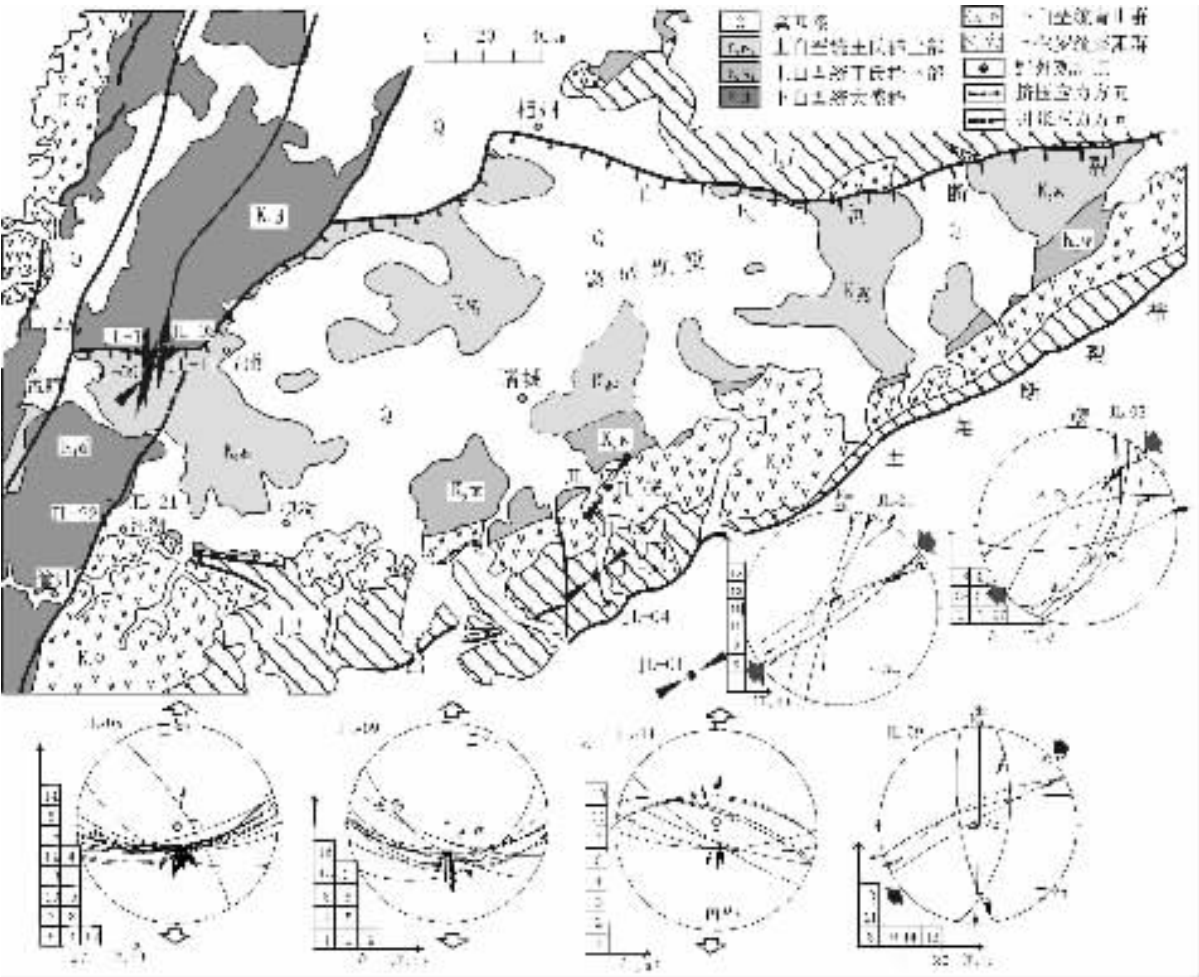


图3 诸城地堑地质简图和晚白垩世断层滑动矢量资料及其构造应力场计算结果

Fig. 3 Simplified geological map of the Zhucheng graben , showing the data of the Late Cretaceous fault slip vector and calculation results of the tectonic stress field

表 1 胶莱盆地和沂沭裂谷白垩纪引张构造应力场方向结构参数

Table 1 Parameters of the Cretaceous extensional stress fields of the Jiao – Lai basin and Yi – Shu rift system

序号	观测点	地 层	经 度	纬 度	擦痕数量	σ_1 (az $\rho_l/^{\circ}$)	σ_2 (az $\rho_l/^{\circ}$)	σ_3 (az $\rho_l/^{\circ}$)	R	备注
1	17	K ₁ d 同沉积断层	118°45.78′	36°15.84′	6	300.82	207.1	117.8	0.573	沂沭裂谷
2	21	K ₁ d 同沉积断层	118°41.98′	36°03.12′	5	206.79	358.10	89.5	0.679	
3	23	K ₁ d 同沉积断层	118°49.24′	35°28.64′	3			E – W		
4	T02	K ₁ d	118°25.66′	34°37.79′	4	263.62	356.2	87.27	0.088	诸城盆地
5	JL – 8	K ₂ w 细砂岩	119°07.44′	36°01.53′	14	163.86	263.1	353.4	0.848	
6	JL – 9	K ₂ w 细砂岩	119°06.86′	36°00.55′	10	127.68	283.20	16.8	0.644	
7	JL – 11	砂岩与泥岩	119°06.72′	36°01.02′	8	4.80	272.0.2	182.10	0.766	

注 σ_1 —最大主应力 σ_2 —中间主应力 σ_3 —最小主应力 ρ_l —方位角 ρ_l —倾伏角 R—应力系数= $(\sigma_2-\sigma_1)/(\sigma_3-\sigma_1)$

野外观测的结果表明 ,除去晚白垩世2期应力场 (早期近S – N向引张和晚期NE – SW向挤压) , 可获得沂沭裂谷形成演化过程中2期构造应力场 ,即早白垩世早期为近E – W向引张(图4 ,表1) ,晚期转化为NW – SE向挤压(图4 ,表2) 。大盛群沉积早期发育同沉积断层(观测点17、21、23) ,在沂水地堑马站盆地

表 2 胶莱盆地和沂沭裂谷白垩纪挤压构造应力场方向结构参数

Table 2 Parameters of the Cretaceous compressional stress fields of the Jiao – Lai basin and Yi – Shu rift system										
序号	观测点	地 层	经 度	纬 度	擦痕 数量	σ_1 (az ,pl/°)	σ_2 (az ,pl/°)	σ_3 (az ,pl/°)	R	备注
1	3	K ₁ q 火山碎屑岩	118°43.55′	36°07.37′	7	162 ,6	70 ,15	274 ,73	0.952	马 站 盆 地
2	4	K ₁ d 砂岩	118°44.55′	36°07.52′	8	303 ,4	194 ,77	34 ,12	0.314	
3	5	K ₁ d 砂岩	118°43.74′	36°07.09′	7	119 ,28	248 ,49	14 ,27	0.2	
4	11	K ₁ d 砂岩	118°48.73′	36°07.21′	5	271 ,8	177 ,26	17 ,63	0.428	
5	13	K ₁ d 砂岩	118°46.75′	36°12.71′	11	314 ,18	212 ,33	68 ,52	0.67	
6	15	K ₁ q 火山岩	118°45.68′	36°14.26′	7	327 ,49	111 ,35	215 ,18	0.881	
7	25	K ₁ d 钙质砂岩	118°47.48′	35°24.94′	5	292 ,1	201 ,53	23 ,37	0.734	莒 县 郊 城 盆 地
8	26	K ₁ d 钙质砂岩	118°47.71′	35°27.04′	4	288 ,15	155 ,69	22 ,15	0.591	
9	32	K ₁ d 钙质砂岩	119°00.72′	35°49.01′	5	334 ,7	71 ,44	236 ,45	0.344	
10	JL – 21	K ₁ d 砂砾岩	119°04.55′	35°55.60′	9	137 ,6	46 ,11	254 ,77	0.98	
11	JL – 22	K ₁ d 砂砾岩	119°08.54′	35°55.10′	7	47 ,0	316 ,57	137 ,33	0.57	
12	JL – 25	K ₁ d 砂砾岩	119°08.54′	36°17.14′	6	305 ,21	201 ,33	61 ,50	0.69	
13	JL – 26	K ₁ d 砂砾岩	119°08.54′	36°17.14′	7	137 ,23	306 ,66	45 ,4	0.87	胶 莱 盆 地
14	JL – 1a	J ₃ 花岗岩	119°30.79′	35°49.52′	6	312 ,9	89 ,78	220 ,8	0.49	
15	JL – 1b				7	59 ,15	288 ,68	154 ,16	0.97	
16	JL – 3a	J ₃ l 砂岩	119°27.89′	35°52.26′	10	127 ,1	37 ,6	230 ,83	0.62	
17	JL – 3b				7	49 ,11	309 ,40	151 ,48	0.98	
18	JL – 5b	K ₁ q 火山岩	119°27.41′	35°55.15′	11	130 ,16	330 ,74	222 ,5	0.13	
19	JL – 6	K ₁ q 火山岩	119°28.31′	35°55.68′	8	137 ,26	33 ,27	264 ,51	0.47	
20	JL – 7	K ₁ q 安火集块岩	119°27.84′	35°56.18′	5	305 ,16	213 ,9	93 ,72	0.32	
21	JL – 9	K ₂ w 细砂岩	119°06.86′	36°00.55′	6	47 ,4	266 ,85	137 ,3	0.78	
22	JL – 15	K ₁ d 砂砾岩	119°27.23′	36°11.42′	8	351 ,8	154 ,82	260 ,2	0.66	

注 σ_1 —最大主应力 σ_2 —中间主应力 σ_3 —最小主应力 α_z —方位角 β_l —倾伏角 R —应力系数= $(\sigma_2-\sigma_1)/(\sigma_3-\sigma_1)$

(观测点17),其剖面显示走向近南北向的断层面犁形特征和垂直断距的变化,指示同生正断性质,断面上发育的细微擦痕构造指示NW-W-SEE至近E-W向地壳引张(表1)。此外,在沂水地堑其他地方(观测点21和23)也有同沉积断层发育(图版I-3),观测分析结果也显示近东西向引张作用(表1)。在莒县小仕阳水库有出露很好的大断面,其上发育有两组清晰的叠加擦痕(图版I-4)。通过分析可知,早期的一组擦痕指示NW-SE向挤压,晚期一组指示NE-SW向挤压。从前面分析可知,晚期NE-SW向挤压应为王氏群沉积末期的一次构造事件,而早期NW-SE向挤压则反映大盛群沉积末期的一期强烈构造挤压事件。此外,在诸城市孟瞳一带大盛群地层发生强烈的褶皱变形,与其上覆王氏群紫红色砂砾岩为角度不整合接触,通过对大盛群褶皱的观测分析,该轴面指示NW-SE向挤压。在沭水地堑内,王氏群下部砂砾层角度不整合覆盖在大盛群地层之上,也指示盆地演化晚期一期重要的挤压收缩变形事件。这都表明大盛群沉积晚期,沂沭裂谷遭受一次强烈的挤压变形,这次挤压事件导致马站盆地白垩系褶皱和主边界断裂的左旋剪切变形,沿主边

界断裂发育脆性-脆韧性挤压构造角砾岩和断层泥。断层滑动矢量反演结果指示主压应力方向为NW-SE向,这期挤压变形是白垩系地层中最强烈的一期构造变形,在沂沭裂谷和胶莱盆地的几乎所有地区均有记录(图4,表2)。

此外,许多学者^[7-9]对郯庐断裂带中发育的断层泥和剪切糜棱岩进行了研究,所获同位素年龄值主要集中在90~110 Ma,可能指示了该地区这期挤压作用的时间。

3 胶莱盆地白垩纪演化

胶莱盆地在其形成和演化过程中沉积了3套地层,即晚侏罗世莱阳群、早白垩世大盛群、晚白垩世王氏群(图2),经历了多个引张-挤压构造变形阶段。本文在对大盛群和王氏群构造变形分析的基础上,确立了2个主要变形阶段(图5)。

(1)早白垩世(126~90 Ma,即八亩地火山喷发旋回至大盛群沉积期)

早白垩世早期,可能在太平洋板块向亚洲大陆俯冲的影响下,鲁东地区受区域近E-W向引张应力场控制,青山群火山岩大规模喷发,喷发间歇期有大

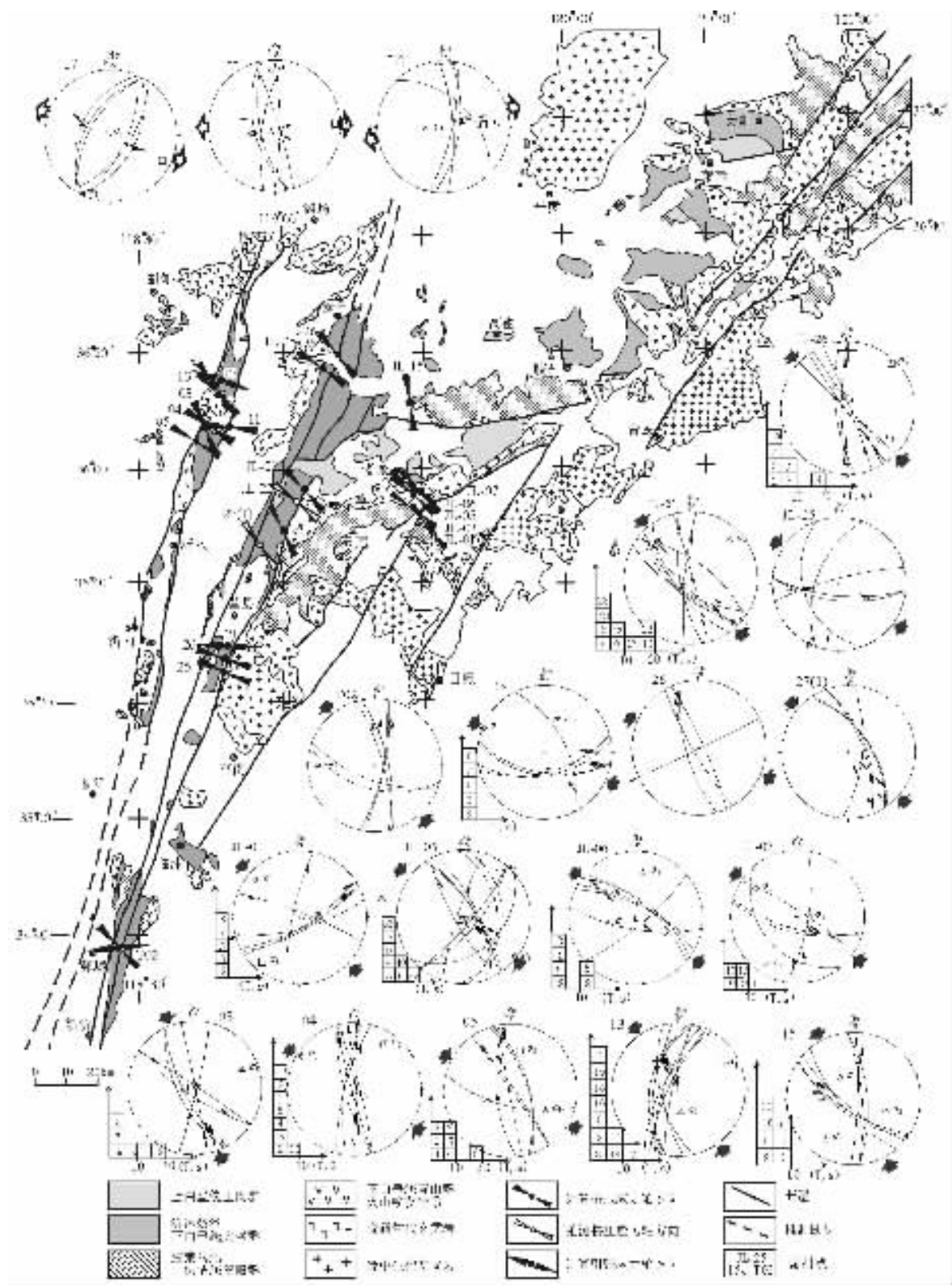


图4 郯庐断裂带中段沂沭裂谷系和胶莱盆地早白垩世近E-W向引张和NW-SE向挤压构造应力场

Fig. 4 Early Cretaceous E-W extensional stress and NW-SE compressional stress fields in the Yi-Shu rift system and Jiao-Lai basin along the central segment of the Tan-Lu fault zone in Shandong

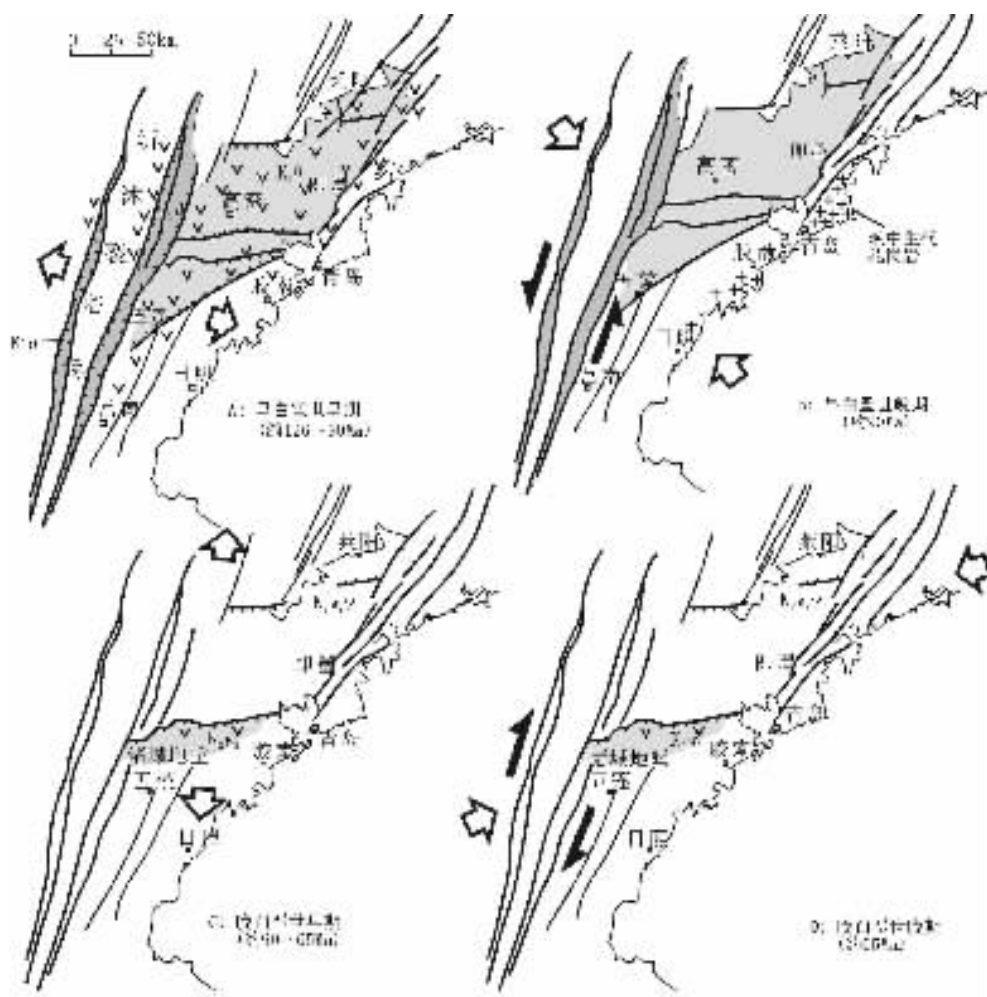


图5 胶莱盆地白垩纪演化模式

Fig. 5 Model of the Cretaceous evolution of the Jiao-Lai basin

A—早白垩世(大盛群)早期沂沭裂谷系形成及青山群火山岩喷发 B—早白垩世(大盛群)晚期胶莱盆地受区域性挤压而变形;
C—晚白垩世(王氏群)早期鲁东地区受引张作用,诸城断陷盆地形成 D—晚白垩世(王氏群)晚期王氏群褶皱变形

盛群沉积,故在胶莱盆地中大盛群以夹层的形式产出;早白垩世晚期,地壳构造应力体制发生了重大转折,构造应力场转变为NW-SE向挤压,导致胶莱盆地强烈褶皱回返。

(2) 晚白垩世(90~65 Ma,王氏群沉积期)

晚白垩世早期,区域构造应力场由NW-SE向挤压转变为近S-N向引张,胶莱盆地引张断陷,接受王氏群沉积,导致诸城断陷盆地形成;晚白垩世晚期,在NE-SW向区域挤压应力作用下,胶莱盆地王氏群受区域性挤压而褶皱变形,但变形强度相对较弱。这可能是太平洋板块与菲律宾板块向欧亚大陆NWW向俯冲的结果^[10~12]。

4 结 语

本文在详细的野外断裂运动学观测和分析的基础上,结合盆地沉积序列,确立了胶莱盆地白垩纪演化历史,即存在2期引张-挤压构造应力作用交替活动。此外,通过盆地分析可以推断,晚侏罗世(即莱阳群沉积期)也可能存在一期引张-挤压交替的构造应力作用。但这一阶段的资料不充足,还有待于今后的深入研究。

总之,胶莱盆地的形成演化经历了多期引张-挤压变形过程。查明胶莱盆地形成演化历史和应力场转换特征具有重要意义,这是研究中国东部晚中

图版 I Plate I



贾悦同沉积断层(镜头向 E)



诸城盆地北缘主断面 ,其上仅发育一组擦痕 ,指示近 S-N 向引张作用(镜头向 NW)



马站同沉积断层(镜头向 N)



莒县盆地内断面上发育两组叠加擦痕 ,早期一组擦痕指示 NW-SE 向挤压作用 ,晚期一组指示 NE-SW 向挤压作用(镜头向 NE)

生代以来陆内变形的区域动力学和盆地动力学的重要部分。

参考文献：

[1] 宋明春 ,王来明 ,张京信 ,等.胶南—文威碰撞造山带及其演化过程[A]见 :山东地质矿产研究文集[C]济南 :山东科学技术出版社 ,1996.51~61.

[2] 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.

[3] 山东省地质矿产局.山东省区域地质志[M]北京 :地质出版社 ,1991.

[4] 邱检生 ,王德滋 ,罗清华 ,等.鲁东胶莱盆地青山组火山岩的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年——以五莲分岭火山机构为例 [J] 高校地质学报 ,2001 ,7(3) 351~355.

[5] 汤有标.郯庐断裂带安徽段的展布及其新构造运动[J]地震地质 ,1988 ,10(2) 46~50.

[6] 万景林.郯庐断裂活动年龄及热历史的裂变径迹研究[J]地球

学报 ,1997 ,18(增刊) 74~76.

[7] Wang Xiaofeng , Li Zhongjian , Chen Bolin , et al. On Tanlu fault zone[M] Beijing : Geological Publishing House , 2000. 23~28.

[8] 陈文奇 ,计凤桔 ,李齐 ,等.沂沭断裂带断层泥中 K-Ar、FT 和 TL 体系年代学含义的初步研究[J]地震地质 ,1988 ,10(4) 191~198.

[9] Chen W , Li Q , Li D et al. Geochronological implications of K/Ar isotope system of fault gouge : a preliminary study [J] Phys.Chem.Earth ,1989 ,17 :17~23.

[10] Seno T. The instantaneous rotation vector of the Philippine sea plate relative to the Eurasian plate [J] Tectonophysics , 1977 ,42 209~226.

[11] Seno T , Maruyama S. Paleogeographic reconstruction and origin of the Philippine Sea [J] Tectonophysics ,1984 ,102 53~84.

[12] Maruyama S , Seno T. Orogeny and relative plate motions : Example of the Japanese Islands [J] Tectonophysics ,1986 ,127 : 305~329.

Tectonic deformation and formation and evolution of the Jiao-Lai basin , Shandong :A case study of a deformation analysis of the Wangshi and Dasheng Groups

SHI Wei¹ , ZHANG Yueqiao¹ , DONG Shuwen¹ , WU Li² , DU Lilin³

(1. *Institute of Geomechanics , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing 100081 , China ;*

2. Exploration & Production Research Institute of SINOPEC , Beijing 100083 , China ;

3. Institute of Geology , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing 100081 , China)

Abstract : The Jiao-Lai basin is a Late Cretaceous continental basin , which experienced complex tectonic deformation. Based on field observations of faults , combined with chronological age data and sedimentary sequences , the authors have established the Cretaceous history of formation and evolution of the Jiao-Lai basin. Generally , the formation and evolution of the basin experienced several tectonic deformation stages , of which two major deformation stages occurred in the Cretaceous : (1) During the early part of the Early Cretaceous , the eastern Shandong area was controlled by the regional nearly E-W extensional stress field and extensive volcanic eruption took place in Jiao-Lai basin ; the Dasheng Group was deposited in the intermitten of eruption. In the late part of the Early Cretaceous , the Jiao-Lai basin experienced inversion of folding under the strong regional NW-SE compression. (2) In the early Late Cretaceous , under the regional nearly N-S tensional stress , the Zhucheng down-faulted basin was developed , in which the Wangshi Group was deposited. In the late part of the Late Cretaceous , the Jiao-Lai basin underwent regional NE-SW compression , resulting in folding of the Wangshi Group.

Key words : Jiao-Lai basin ; Yi-Shu rift ; tectonic stress field ; Cretaceous ; Shandong