

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

鲁西地块中生代构造格局及其形成背景

李三忠^{1,2)}, 王金铎³⁾, 刘建忠⁴⁾, 于建国³⁾, 吕海青^{1,2)}, 侯方辉^{1,2)}

1) 中国海洋大学海洋地球科学学院, 山东青岛, 266003

2) 中国海洋大学海底资源与探测技术省重点实验室, 山东青岛, 266003

3) 中国石化胜利油田有限公司物探研究院, 山东东营, 257022

4) 中国科学院国家天文台, 北京, 100012

内容提要: 结合近几年来鲁西地区1:5万区域地质调查等成果, 重点论述了鲁西地区中生代构造特征与盆地原型。提出中生代构造层次总体在垂向上可分为三个主要构造层, 分别称为上部、中部和下部, 并分别被中一下侏罗统、上侏罗统一下白垩统和上白垩统角度不整合覆盖, 所以, 相应地可将鲁西地块的中生代构造变形分为三个阶段: 印支期、燕山中期和燕山晚期; 平面上变形样式总体表现为三种构造样式, 即: ① 印支期的近东西走向的宽缓—紧闭褶皱及逆冲构造; ② 燕山中期的北北东或南北走向的厢状褶皱—坡坪式逆冲系统; ③ 燕山晚期的北东走向的冲断—走滑断裂带。但是, 鲁西地区燕山期的构造变形特征和原型盆地有所变化, 这种变化是基底构造格局及构造变形在空间上差异叠合的结果。综合研究表明, 鲁西地块及邻区燕山期构造是在西太平洋大陆边缘弧的挤压构造背景下, 陆内壳下拆沉和壳内挤出一逃逸构造的综合动力作用下形成的。

关键词: 鲁西地块; 燕山期; 印支期; 构造格局; 盆地原型

鲁西地块位于华北板块或华北克拉通东部, 具体位于兰考—聊城断裂及盐山断裂以东, 郯庐断裂以西, 新生代渤海湾盆地以南, 中新生代合肥盆地以北(图1)。鲁西地块中的新生代构造格局明显表现为北北西向的盆—山格局, 相关研究成果较多, 但是有关该地块中生代构造的研究相对薄弱。

就中生代构造而言, 在鲁西地块北部的渤海湾盆地区, 近几年来, 人们认识到渤海湾盆地印支期变形, 并认为与其东南缘华北和扬子板块碰撞形成的大别—苏鲁造山带有关(宗国洪等, 1998; 于福生等, 2002)。20世纪80年代中期至90年代初, 还有人提出渤海湾盆地区中生代还遭受了燕山期变形(赵重远等, 1984, 1990), 但当时对其详细特征并不清楚。然而最近几年来, 随着深层地震剖面品质的提高和深井揭示的地层重复现象越来越多, 在渤海湾盆地中, 尤其是在新生代沧东隆起和黄骅坳陷的中生代基底中, 发现有大量 NNE—NE 走向的逆冲推覆构造发育, 因明显不同于印支期变形, 有人建议这是前人提出的燕山期的变形(杜旭东等, 1999; 李洪革等, 1999; 张俊等, 2002)。在鲁西地块南部的合肥盆地区

和大别造山带, 印支与燕山期的构造研究相对于渤海湾盆地区更为丰富, 研究程度更高。

根据渤海湾盆地与合肥盆地的中生代变形特征等表明, 鲁西地块不可能没受中生代强烈构造变形的影响。而且, 相对渤海湾盆地与合肥盆地来说, 该区没被古近系—新近系覆盖, 露头较好, 反而其中生代构造研究相当薄弱, 更没有系统研究。为此, 本文对鲁西地块中生代期间到底经历了多少次构造变形、构造性质如何、几何样式如何、什么运动方向、什么变形机制与动力学背景等等问题进行讨论。

1 鲁西地区中生代构造几何学特征

鲁西地区现今中生代沉积自北向南主要见于泰山—鲁山—沂山—徂徕山—新甫山—孟良崮—蒙山—尼山—昆山—母子山四条山脉之间的长条状向北凸出的弧形凹陷中, 自北向南这些凹陷是莱芜凹陷、肥城凹陷、汶蒙(大汶口—蒙阴)凹陷和泗平(泗水—平邑)凹陷。夹于其间的是由太古宇和古生界组成的山脉。山脉总体上呈单斜山, 其上的寒武系—奥陶系的倾向自东向西由北东向转为北西向, 倾角多为

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 40002015)和中国科学院知识创新工程项目(编号 KZCX1-07)的成果。

收稿日期: 2003-10-25; 改回日期: 2005-02-16; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 李三忠, 男, 1968年生。博士, 中国海洋大学教授, 博导。从事构造地质学、岩石学及海洋地质学的教学和研究工作。通讯地址: 266003, 青岛市鱼山路5号, 中国海洋大学; 电话: 0532-2031971(办); Email: sanzong@mail.ouc.edu.cn。

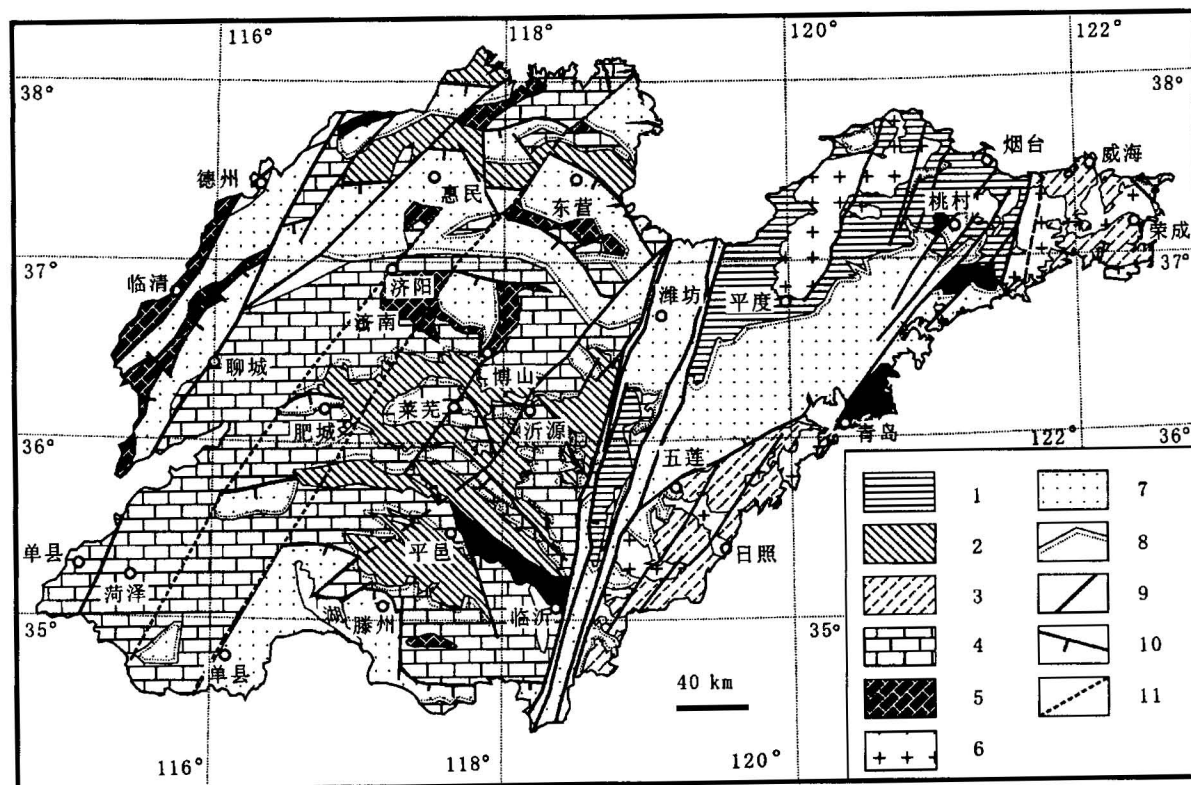


图1 山东省中生代盆地与断裂构造略图

Fig. 1 Simplified geological map of the Shangdong Province showing Mesozoic faults and basins

1—胶北早前寒武纪基底;2—鲁西早前寒武纪基底;3—苏鲁造山带;4—鲁西震旦系一下古生界;5—鲁西上古生界;6—中生代花岗岩;7—中生代盆地(侏罗系和白垩系);8—角度不整合;9—走滑断裂;10—正断层;11—推断的走滑断裂

1—Precambrian basement in the north of the Jiaodong peninsula; 2—Precambrian basement in the western Shangdong province; 3—Sulu orogen; 4—Sinian to Lower Paleozoic in the western Shangdong province; 5—Upper Paleozoic in the western Shangdong province; 6—Mesozoic granitoids; 7—Mesozoic basins (Jurassic and Cretaceous); 8—unconformity; 9—strike-slip fault; 10—normal fault; 11—deduced strike-slip fault

几度至十几度,局部达30°左右。而凹陷为北断南超的单断箕状凹陷,北界多为南倾正断层,南界则为较缓的斜坡,与其南侧的单斜山呈超覆接触。

1.1 印支期构造几何学特征

印支期是中国东部的一次革命性运动,对华北板块内部构造变形格局起了决定性作用。研究表明,扬子板块(或称华南板块)于中一晚三叠世强烈地向华北板块下俯冲(Meng et al., 1999; 李三忠等,

2002; 张国伟等, 2003; Liu et al., 2003),在这一动力背景下,印支期渤海湾及邻区华北板块结晶基底上的盖层变形格局也残留了这次变形的一些迹象。由于后期燕山期和喜马拉雅期构造改造较强,所以我们还不能对印支期构造形迹进行精细制图,但印支期的近东西走向的宽缓一紧闭褶皱及逆冲构造的几何学及展布特征可初步总结如下。

(1)褶皱轴迹在现今鲁西地块内主要为基本一致的东西走向或北东东走向,但轴面倾角差别较大,

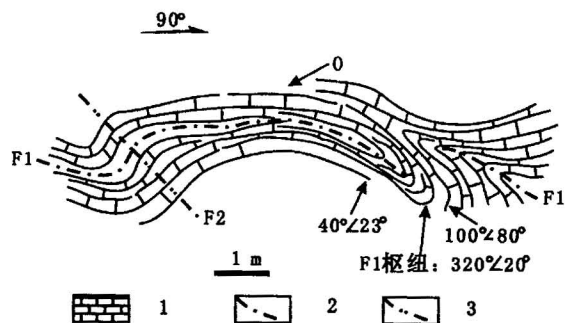


图2 鲁西地块内东西走向的两幕印支期褶皱叠加关系(沂源陡起峪村北)

Fig. 2 Two-stage Indosinian folds with EW strike in the Western Shandong Block (Douqiyu Village, Yiyuan)

1—奥陶纪灰岩;2—印支期第一幕褶皱轴迹;
3—印支期第二幕褶皱轴迹

1—Ordovician limestone; 2—Indosinian first-stage fold; 3—Indosinian second-stage fold

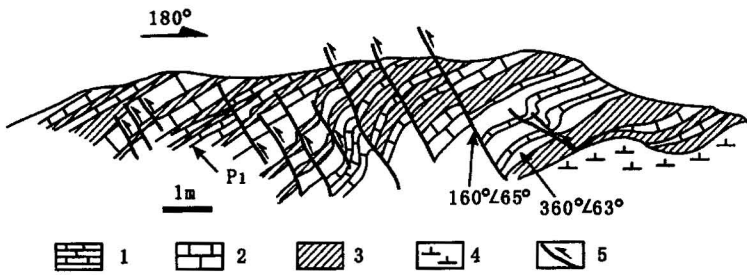


图3 鲁西地块内为由南往北逆冲占主导的东西向断裂带(蒙阴小山口村南垭口处)

Fig. 3 EW-trending reverse fault belt in the Western Shandong Block (south to Xiaoshankou Village, Mengyin)

1—薄层灰岩; 2—中薄层灰岩; 3—泥岩; 4—燕山期闪长岩; 5—逆断层
1—Thin bedded limestone; 2—medium—thin bedded limestone; 3—mudstone;
4—diorite; 5—thrust fault

故可分为两幕,早幕为紧闭褶皱,晚幕为共轴叠加的宽缓褶皱(图2),类似的紧闭褶皱通过钻孔在济阳坳陷的桩西古潜山中也有揭示;而在聊城—兰考断裂以西,褶皱轴迹总体由华北南部的NEE向转为NNE向,至燕山板内造山带再转为NEE走向。

(2)逆冲推覆带也与褶皱轴迹走向一致,在聊城—兰考断裂以西主体为由NNW向SEE方向的逆冲;在鲁西地块内为由南往北的逆冲占主导(图3、图4),也存在反向逆冲推覆(图5),它们中的部分逆冲断面被后期正断层继承(图4)。图3中的逆冲断裂未截断燕山期闪长岩体,表明其形成于印支期。

(3)据早期研究认为,鲁西地块周边走滑带在印支期出现,郯庐断裂南段印支期已形成,但并非与北部依兰—舒兰断裂贯通;并认为在朝鲜半岛与此相关的Honam(湖南)断裂也已形成;前者表现为左行压扭,后者性质为右行压扭(Cluez et al., 1991)。这种齿状几何形态被认为是不规则的扬子板块被动陆缘向华北板块南缘的主动陆缘楔入(indentation)所致(Yin et al., 1993)。但是,最近从前陆推隆区的逆冲断裂时代判断,这些断裂活动时期可能主要发生在中侏罗世(Chough et al., 2000),而且,最近韩国的同位素年代研究结果表明,Honam断裂的形成时代为170 Ma左右(Cho et al., 2001),最新的郯庐断裂测年结果也没有印支期的变形年代记录(朱光等,2002),总体反映现今鲁西地块边界主要为强烈的燕山早中期的产物。从区域上分析,在韩国京畿地块中发现了近东西向变形记录,济阳凹陷中发现NNW走向褶皱很发育,大别—苏鲁造山带也有相同几何学特征的变形记

录,从济阳坳陷地层残存和大别地区变形年代等结果分析,上述NNW或东西走向变形的时间可能为中三叠世末期,因为它们明显地被鲁西地块边界附近的燕山期变形(包括渤海湾中西部地区)改造,燕山期变形带切割了地块内部(包括渤海湾盆地东部地区)的构造带,因此,只能将这种构造解释为形成于比鲁西地块边界上或附近的燕山期构造早,即记录了印支期最初华北与扬子板块碰撞波及到板内的变形。

总之,印支期构造变形波及了华北板块内部的结晶基底和中元古界一下、中三叠统盖层。这些地层为该区下部构造层,它们主要表现为一系列的逆冲推覆及宽

缓的褶皱变形。构造形迹明显受早期薄弱构造带的制约。

1.2 燕山期构造分带性

1.2.1 鲁西地块以西的逆冲—褶皱带

由两部分组成,即叠瓦逆冲—褶皱带和对冲—走滑复合构造带。前者逆冲构造极性指向西,空间上位于后者西侧。

叠瓦逆冲—褶皱带位于新生代沧东断裂带以西,主要为断展褶皱和相关的叠瓦式逆冲断裂,卷入叠瓦式逆冲的地层主要是石炭系—二叠系及奥陶系上部地层,局部在伴生的向斜核部保存有三叠系和中、下侏罗统,且叠瓦式构造的拆离滑脱断层位于奥陶系底部或上寒武统中,但不同地段其发育的层位

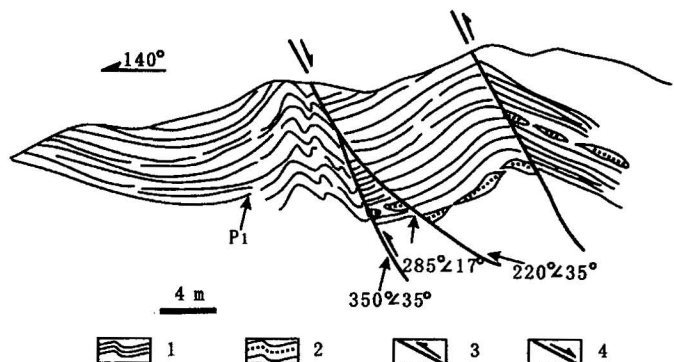


图4 鲁西地块内的逆冲推覆及其部分逆冲断面被后期正断层继承(淄川大岭村东北)

Fig. 4 Early thrust fault controlled later normal fault in the Western Shandong Block (northeast to Daling Village, Zichuan)

1—泥页岩; 2—砂岩; 3—逆断层; 4—正断层
1—Argillite; 2—sandstone; 3—thrust fault; 4—normal fault

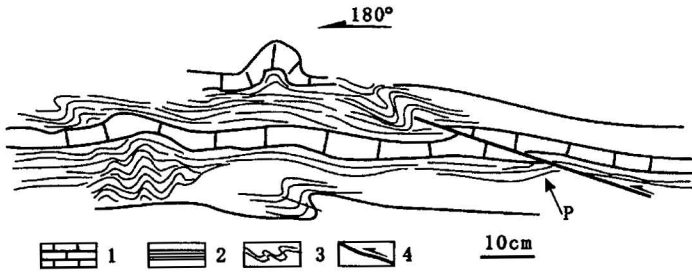


图 5 鲁西地块内为由北往南逆冲占主导的逆冲—褶皱带
(淄川西河镇北 2 km 垭口)

Fig. 5 EW-trending thrust-fold belt in the Western Shandong Block (2 km north of Xihe Town, Zichuan)

1—二叠纪灰岩; 2—二叠纪泥岩; 3—褶皱; 4—逆断层
1—Permian limestone; 2—Permian mudstone; 3—fold; 4—thrust fault

和深度可能有所不同。根据叠瓦断裂系内部分支断裂之间的改造关系和叠瓦片内部的变形特点,其逆冲断裂的形成东早西晚,呈前展式逐渐扩展。NE 轴向的褶皱带主要包括肃宁背斜带和沧津复向斜(赵重远等, 1990)。

对冲—走滑复合构造带主要位于新生代沧东断裂与兰考—聊城—盐山断裂带之间,总体上的逆冲方向仍然是由东向西。古沧东逆冲断裂带近北北东走向,前锋断层变形特征在南、北两段有所不同,中北段为一条盲冲断层,而南段为通至地表的逆冲断层。该断裂构造带卷入地层在东北部为奥陶系,在西南部为石炭系—二叠系,由多条断裂组成,发育双冲构造。新生代的黄骅拗陷中,古生界向西北的冲断作用由底板冲断层与反冲断层构成楔状构造而表现出来。在现今黄骅拗陷部位, NNE 向的高角度压扭性主逆冲断裂带截断并限制了一些规模相对主逆冲断裂带小的、NNW 或 NS 向的逆冲断层,并且主逆冲断裂带下部可能发育一系列直立右行而非左行走滑断裂构造,后两者对主逆冲断裂带的位移起着重要的协调作用。某些部分的逆冲叠瓦扇下部的奥陶系中可能还发育有反向逆冲断层,逆冲断层、反冲断层和底

板逆冲断层三向围限的部位,即构成变形强烈的构造三角带,也可能存在不同层次的拆离滑脱断层构成双重逆冲构造,使整个构造带更加复杂化,例如孔西构造带南区(张俊等, 2002),并以对冲—走滑复合构造为特征。

1.2.2 鲁西地块的挤出一拉张构造带

该带位于兰考—聊城—盐山断裂带以东至郯庐断裂带之间。印支早期,兰考—聊城断裂以东为一古隆起,该古隆起经历了泥盆纪末以及三叠纪末两次大区域整体隆升与剥蚀。从出露地表的鲁西地块上中生代构造解析发现,该古隆起上 NNE 轴向的侏罗山式(Jura-type)褶皱带发育(图 6, 7),包括

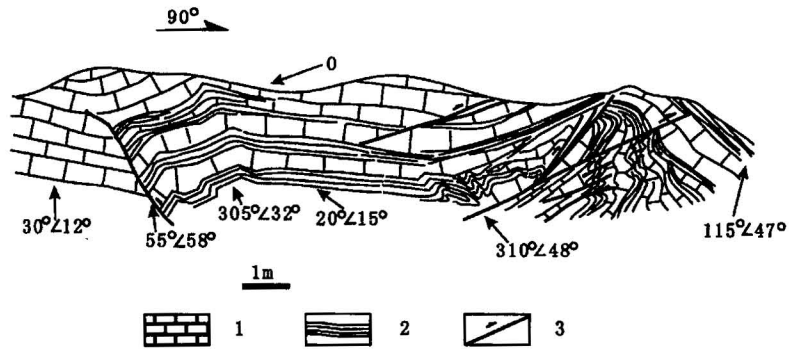


图 6 鲁西地块上 NNE 轴向的厢状褶皱及盲冲断层(沂源九会村东)
Fig. 6 NNE-trending box fold and related blind thrust in the Western Shandong Block (east to Jiuhui Village, Yiyuan)

1—灰岩; 2—泥页岩; 3—逆断层
1—Limestone; 2— argillutite; 3—thrust fault

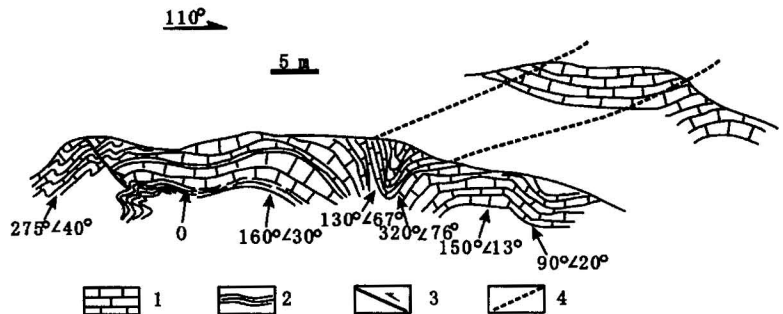


图 7 鲁西地块上 NNE 轴向的隔槽式褶皱带(沂源—博山的公路边, 虚线为两个剖面上对应的褶皱连线)
Fig. 7 NNE-trending box-shape fold belt in the Western Shandong Block (roadside of Yiyuan—Boshan highway)

1—薄层灰岩; 2—泥岩; 3—逆断层; 4—不同剖面同一褶皱的对应部位
1—Thin limestone; 2— mudstone; 3—thrust fault; 4—counterpart of the same fold in different profiles

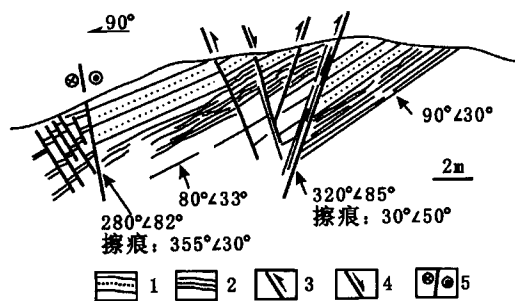


图8 鲁西地块 NNE 向高角度逆冲—右行走滑断裂切割上古生界(淄川辛庄南)

Fig. 8 NNE-trending reverse fault and lateral-slip wrench fault truncating the Upper Paleozoic in the Western Shandong Block

(south to Xinzhuang Village, Zichuan)

1—砂岩;2—泥岩;3—逆断层;4—正断层;5—右行走滑断层
1—Sandstone; 2—mudstone; 3—thrust fault; 4—normal fault;
5—dextral strike-slip fault

渤海海域的陵秦复背斜带和渤东复向斜及南部宽阔的平缓背斜带(赵重远等,1990),主要发育于古生代地层中。但是,济阳拗陷内的地震资料和钻井资料表明,卷入的最新地层可能与辽东类似,为中侏罗统,被上侏罗统等不整合覆盖,所以应为燕山中期(中侏罗世末)变形所致,它们构成该区中部构造层。它们主要表现为沿浅层次的软弱岩层拆离并滑移,在结晶基底 NNE 向高角度逆断裂密集成带发育(图8)的对应部位形成隔槽式向斜褶皱(图9),向斜雁列式成带分布,一般陡而窄,推断与走滑有关;在有些背斜转折端也有突破断层,背斜一般宽缓而完整,从鲁西地块此时的总体构造格局分析,总体具隔槽式褶皱的特征,反映了古隆起上挤出一滑脱构造的特点。古隆起在中侏罗世末期大量发育断裂构造,冲断构造主要为一列陡立的逆断层,与挤出后持续的区域挤压作用导致的挤压有关,而且主要发育在结晶基底中,所以可能还与鲁西地块结晶基底刚性较强有关。

上述这些褶皱构造总体比较宽缓,并被一组同期或略后发育的伸展正断层切割(图10)。伸展正断层是在先期 NEE 与 NW 两组压性、压扭性结构面基础上发展而成,断层面主体南倾,走向总体呈近东西向,西端向 SW 偏转,东端向 SE 偏转,呈略微向北凸出的弧形,弧顶常出现 NEE 或 SE 方向的波状弯曲,可能表明这些伸展断层与 NNE 轴向隔槽式褶皱的发

育具同期性。它们常构成中生代箕状断陷盆地的北界。断层面呈舒缓波状,倾角一般60°~70°,地表出露陡可达70°以上,深部变缓可小于37°~50°,表明为铲形正断层(燕守勋,1994)。断层带可见糜棱岩构造透镜体、断层泥、碎裂岩、擦痕、角砾岩等。有的断层于 NE 侧泰山群古老变质岩系中发育挤压破碎现象,表明这些正断层早期具有挤压活动的特征(王炳山等,2000)。

鲁西地块内部的主要断层有两组,即 NW 和 NNE 走向的断层,呈“X”型断裂组合(图1),但前者主要表现为犁式正断层,后者主要表现为走滑断层。它们主要控制上侏罗统一下白垩统的分布,甚至上白垩统,这些地层构成该区上部构造层。后者主要代表性断层自西向东有文祖、姚家峪—金山、上五井断层等。它们倾向或东或西,倾角多75°以上;重力等深线反映密集,梯度大,切割深;延伸都在100 km 以上。此外,这些走滑断层带内可见构造透镜体、断层泥、擦痕等现象,具有明显的走滑性质。多数与 NW 走向的伸展正断层近于直交,并切穿和错开正断层组。后期这些走滑断层还发生了东西方向的小规模伸展,断层上盘下落,落差1000~2000 m 不等,大者达2500 m,形成了地堑或箕状断陷盆地,东西方向的水平伸展量多不足1km (王炳山等,2000)。

1.2.3 鲁西地块东缘的郯庐断裂带

郯庐断裂带(图1)是纵贯我国东部一条规模宏伟、具多期活动的 NNE 向深断裂带,全长达3600 km,南起安徽庐江南部,至山东郯城,向 NE 延伸穿

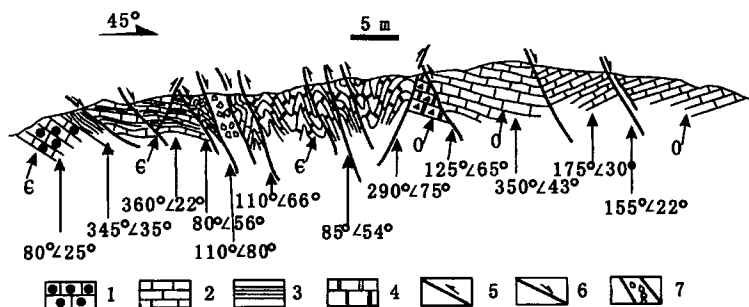


图9 鲁西地块 NNE 向高角度逆冲—右行走滑断裂切割下古生界(沂源西刘家大峪村)

Fig. 9 NNE-trending steep reverse fault and lateral-slip wrench fault truncating Lower Paleozoic in the Western Shandong Block

(Liujiadayu Village, west of Yiyuan)

1—鲕状灰岩;2—灰岩;3—泥岩;4—白云岩;5—逆断层;6—正断层;7—角砾岩带
1—Oolitic limestone; 2—limestone; 3—mudstone; 4—dolostone; 5—thrust fault;
6—normal fault; 7—faulted breccia belt

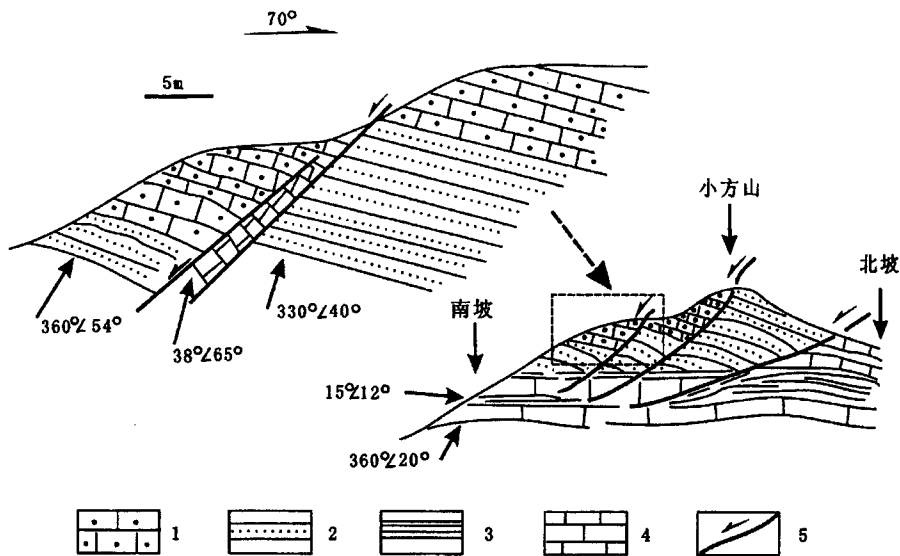


图 10 鲁西地块上断层面南倾且走向总体呈近东西向的伸展
铲形正断层系统(蒙阴山头村)

Fig. 10 South-dipping listric normal fault system in the Western
Shandong Block (Shantou Village, Mengyin)

1—厚层砂屑灰岩; 2—土黄色砂岩; 3—紫红色粉砂岩、页岩;
4—纯灰岩; 5—正断层

1—Thick sandy limestone; 2—yellow sandstone; 3—purple siltstone
and shale; 4—limestone; 5—normal fault

过渤海。本文认为中生代期间,该断裂带进入辽宁后,应对应为依兰—舒兰断裂带,它与兰考—聊城—盐山断裂及北延的台安—大洼—敦化—密山断裂带呈共轭关系(图1;周立宏等,2003;刘建忠等,2004)。

从郯庐断裂带结构、组成、演化、地球物理特征及控制的盆地特征、岩浆作用特征等分析,表明它具有明显的分段性。

南段为华北板块或大别山—苏鲁造山带与扬子板块的分界带,由两条主干断裂组成,西侧为五河—舒城断裂,东侧为嘉山—庐江断裂,其间还有石门山断裂和池河—太湖断裂。断裂间有新太古代至古元古代变质岩,或新元古代—寒武纪地层断续出露,构成地垒构造,同时也控制了上侏罗统一白垩系及古近系—新近系组成的地堑或盆地。沿断裂带普遍可见挤压片理带,构造透镜体、糜棱岩,显示断裂早期经历了左行剪切平移和逆冲挤压的多次强烈活动。

从渤中东侧至潍坊段郯庐断裂较不明显,其中在营口至潍坊段称为营潍断裂带,重力或磁异常图上都没有醒目的线性特征显示。但地震剖面资料表明,取而代之的是一系列北东—北东东左阶雁列分布的断裂形成新生代的地垒及地堑相间的沉积—构造格局。

潍坊以南至新沂市、宿迁市,郯庐断裂大部分由4条断裂组成沂沭断裂带,宽20~60 km,北宽南窄,从西向东有郯鄯—葛沟断裂、沂水—汤头断裂、安丘—莒县断裂和昌邑—大店断裂,形成两个地堑夹一个地垒的构造格架,地垒中为白垩纪火山岩及红色碎屑岩,磁异常显示一系列与断层一致的正负交替异常。断裂带两侧伴随一系列的北西向的断裂控制的中生代断陷盆地,断裂有时也切过主干断裂。断裂带东西两侧则为北东东—东西向断裂控制的中生代盆地。晚白垩世后,沿断裂带的裂谷封闭,呈现强烈的挤压,形成数百千米的逆冲断裂带,而在断裂东西两侧的北西向及东西向的断陷盆地仍在持

续发展,如东侧的黄县盆地,西侧的蒙阴、平邑及莱芜盆地。

1.3 中生代原型盆地格局构造与变形的关系

中生代期间,鲁西地块也可分为3个成盆期,即早—中侏罗世,晚侏罗世—早白垩世和晚白垩世。下面讨论燕山期的这三个成盆期的原型盆地格局,以说明这些盆地形成与前述构造变形的对应关系。

鲁西地区燕山早期形成的盆地中,主要有分布于章丘、淄博、安丘及其以北的黄河口—曲堤盆地等张性盆地(杜旭东等,1999),最早沉积为中、下侏罗统,由灰色砂砾岩、粗中细砂岩夹泥岩与煤组成。其下部冲积—洪积相杂色砂砾岩厚度虽然不大,仍然显示出裂陷盆地早期的近源剥蚀填积特征,是鲁西经中生代早期隆升剥蚀后,伸展作用开始萌生阶段的沉积物。然而,区域研究表明,与此同时在兰考—聊城断裂以西,一些河湖—湖沼相中—小型拗陷盆地,如北京盆地、南堡盆地、东光盆地及临清盆地等,在空间上仍受印支期古构造格局控制,呈北东向斜列展布,说明该区早—中侏罗世为中生代相对平静期,为弱挤压环境下的成盆时期。

燕山中期形成的盆地中沉积了上侏罗统蒙阴组,由杂色角砾岩、砂砾岩夹砂质泥岩组成,分布于

鲁西北部拗陷带与南部各断陷盆地中,且有向近东西弧形正断层增厚,粒度变粗的特征。棱角分明、砾石粗大、大小混杂均显示近源快速堆积的裂陷盆地堆积特征(燕守勋,1994;王炳山等,2000),说明鲁西总体处于NW—SE向挤压背景下的近南北向局部伸展作用。区域研究表明,在兰考—聊城断裂以西,形成了众多的、北北东向展布的、断裂控制的小型拗陷型盆地,如大厂盆地、葛渔城盆地、石家庄盆地、饶阳盆地、武清盆地、黄骅盆地及临清盆地等(杜旭东等,1999;李洪革等,1999)。在兰考—聊城断裂以东,发育惠民—东营盆地、下辽河盆地、五号桩盆地,盆地主轴为NNW走向,强烈的火山活动及张性正断裂发育,中、小型张性正断裂起着控盆的作用,因此,其成盆机制为NNW或NW向俯冲背景下的裂陷作用。再往东为郯庐断裂带中段盆地。总之,盆地类型或性质具有强烈的块体效应。①在兰考—聊城断裂以东隆起的背景上形成许多断陷盆地,鲁西—渤海地区以NW—NNW向断陷盆地为主,为北断南超的箕状断陷。②在兰考—聊城断裂以西,盆地以NNE走向压陷型或褶陷型盆地为主,如新生代黄骅拗陷西部、东濮拗陷部位、冀中拗陷区的保定—石家庄凹陷等,一些盆地边界断裂在早白垩世早期多为逆(冲)断层,表明了总体为挤压背景,沉积相带呈NE向展布,并以安山岩为主的岛弧型火山岩建造为主,中酸性侵入体规模巨大,多呈岩基状,形成近平行分布的NNE向岩带,组成巨型花岗岩穹隆;相反,至早白垩世晚期,A型花岗岩则常沿剪切拉张带侵入,说明整个地块处于伸展状态。这种转变发生在早白垩世中期。

燕山期上部构造层为与下伏地层为角度不整合接触的上白垩统。白垩系下部青山组主要为安山集块岩、凝灰岩、凝灰质砂砾岩及泥岩组成,上部王氏组由凝灰质砂砾岩夹泥岩、粉砂岩组成,局部含有石膏。这反映伸展作用增强,切割更深,引起了间歇式火山喷发与陆相沉积作用的交替混合堆积(王炳山等,2000)。晚白垩世为中生代盆地萎缩期,仅在隆起背景上发育了石家庄断陷、临清断陷、武清断陷(杜旭东等,1999)及郯庐中段断陷(朱光等,2002)等小型断陷型盆地。燕山晚期,构造活动表现为弱成盆与造山作用同步进行。

总之,燕山期盆地规模小、不

很发育,而且不同构造演化阶段发育不同原型的沉积盆地,多期多型的盆地相互转化与叠置,形成了中生代复杂的盆地叠置和盆山耦合关系。

2 鲁西地块相关的中生代区域构造变形年代确定

鲁西地块普遍存在的地层是古生界寒武系、奥陶系、石炭系和二叠系。古生代岩浆活动微弱,构造运动也不频繁,表现为整体升降运动,只造成平行不整合,而未发生明显的褶皱运动。该区断裂对这些地层的岩相、厚度也无控制作用,说明是在古生代之后形成的。前文研究又表明,这些变形都只存在于古近系角度不整合之下,表明变形是中生代期间形成的。

除前文已述的角度不整合、断裂与褶皱的切割关系可以粗略划分并确定变形阶段外,还可以通过鲁西出露的大量侵入不同层位的侵入体的定年来厘定变形的准确时间。林景仟等(1996)研究认为鲁西地区中生代有两个岩浆活动时期,即早侏罗世和早白垩世两个阶段,分为四种火成岩岩石组合,并测定了三种组合代表性岩体的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄。早侏罗世岩浆活动规模较小,其中平邑铜石岩体的石英二长闪长斑岩为189.8 Ma,该岩体的二长斑岩为188.4 Ma;早白垩世岩浆活动范围较广,图11统计了鲁西地区的中生代侵入体的K-Ar、Ar-Ar、Sm-Nd、Rb-Sr等年龄,结果表明介于115~132 Ma之间的年龄有69个样品,为岩浆作用峰期,此时生成了多种岩石系列,其中枣庄沙沟岩体的黑云母辉石岩为115.1 Ma,邹平茶叶山橄榄苏长辉长岩为112.5 Ma,邹平四尖山石英二长岩为115.1 Ma。总之,鲁西地区这两个岩浆活动阶段最为明显(图11)。这些岩体多数为造山后侵入的,野外观察表明它们侵入了变形的围岩中,所以鲁西地区的最强烈变形发生在132 Ma之前的某个时段。此外,图11还表明印支期岩浆作用也相对较强烈。

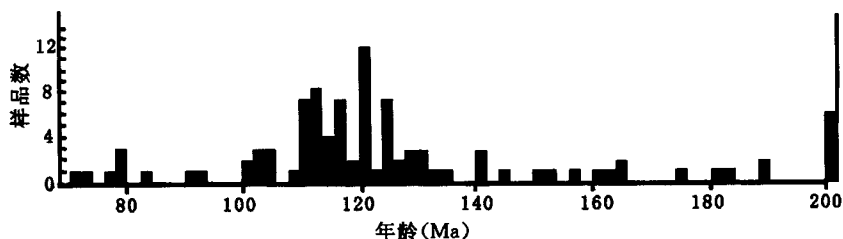


图11 鲁西地块中生代侵入岩年龄数据统计直方图(据林景仟等,1996)
Fig. 11 Age histogram of Mesozoic plutons in the Western Shandong Block
(after Lin J Q et al., 1996)

综合周边地区的所有年代学标志(李三忠等, 2004), 初步界定鲁西地区及邻区中生代变形序列如下: ① 南北向挤压变形阶段: 大致在 200 Ma, 形成 NNW 走向的宽缓褶皱, 局部可见紧闭褶皱, 甚至倒转褶皱(图 2)及相关逆冲断裂(图 3~5)。② NW—SE 向收缩变形阶段: 大致在 153~145 Ma, 形成 NE 走向的紧闭—宽缓褶皱和强烈的逆冲推覆(图 6~9)。③ 渤海湾盆地周边的变质核杂岩形成阶段: 大致在 145~100 Ma, 呈孤立、串珠状平行西太平洋边缘分布; 此阶段晚期, 大致在 132~100 Ma, 鲁西地块东西边界走滑构造形成, 并控制一系列小型张扭、箕状或拉分盆地。④ 南北向收缩变形阶段: 大致在 90 Ma 左右, 形成东西走向的宽缓褶皱, 在鲁西不明显, 所以本文未专门划分一个构造层, 但其在鲁东的胶莱盆地中明显。

3 鲁西地块的中生代构造的运动学特征和动力学背景

金振奎等(1999)在未分断裂之间的切割关系和形成年代的情况下认为, 鲁西地区断裂构造为同心环状—放射状断裂构造体系, 是鲁西地块呈穹隆拱升形成的, 而且在拱升的过程中受郯庐断裂活动的影响, 还发生了逆时针和顺时针旋转。

林景仟等(1996)则根据岩浆活动特征、年代及其与断裂活动关系认为, 鲁西地块火成活动的动力学背景, 远与太平洋板块对欧亚板块的俯冲有关, 近与沂沭断裂的活动有密切联系。鲁西地块上北西向断裂的强烈拉张最早发生在早侏罗世, 发育于鲁西的南部, 生成了高钾钙碱性—高钾碱性的岩石组合(如铜石杂岩体); 早白垩世地壳拉张活动再次加剧, 南部区的北西向断裂切割深度大, 从上地幔的深层组生成了碱性岩浆, 而北部区北西向断裂亦切割到上地幔, 生成了钙碱性的辉长质岩浆, 它与上部壳层产生的熔体发生了混染, 生成了二辉闪长质岩浆, 二长质岩浆是在混入了更多的酸性熔融

体的情况下产生的。此时, 近沂沭断裂带的地段, 早白垩世较早阶段生成的辉长质岩浆发生混染时生成闪长质岩浆, 上部的壳层则产生了花岗质岩浆, 后一组岩石多在沂沭断裂带近旁分布, 它们也沿北西向断裂活动, 分布于较远离沂沭断裂带的部位, 如滕州桑村岩体、蒙阴的虎头崖岩体等。

本文在前人大量研究成果基础上, 结合近几年来笔者在渤海湾盆地、胶辽地块、秦岭—大别山造山带及其前陆调查和研究获得的野外资料, 认为鲁西地块印支—燕山期构造演化与盆地分布格局和空间叠合的关系是中国东部构造变革的结果。其燕山期构造演化与陆内壳下拆沉和壳内挤出逃逸构造有关, 并与中国东部燕山期高原隆升及岩石圈减薄、郯庐断裂左行、兰考—聊城断裂右行走滑机制有关(图 12)。

郯庐断裂带可能出现并表现为左行直立走滑特征, 与发育于新生代黄骅拗陷部位的中生代直立右行走滑断裂构造, 共同构成一个三角构造带(图 1, 图 12), 由于该三角形区以下部刚性强的结晶基底、中

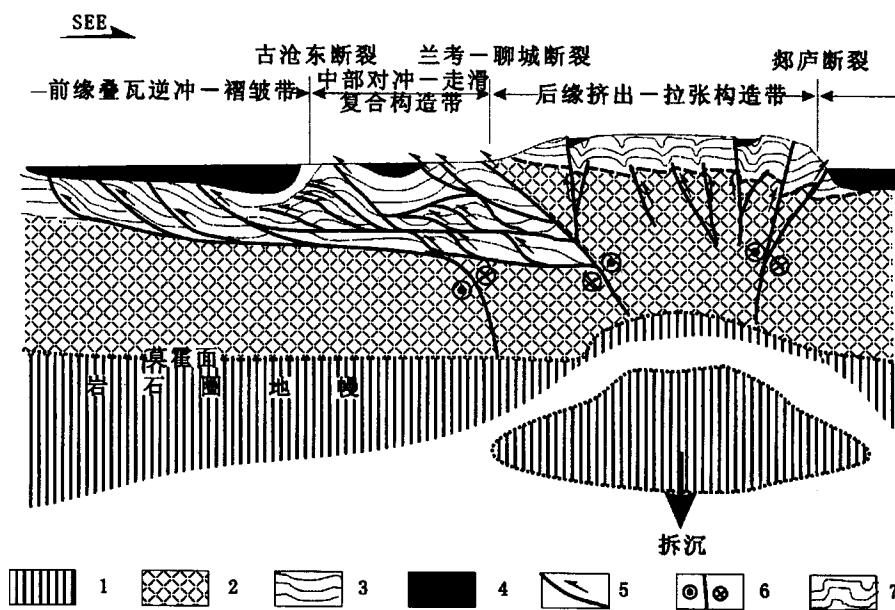


图 12 NW 向横穿鲁西地块及邻区的燕山中期构造变形理想剖面示意图
Fig. 12 NW-directed ideal sketch structural profile of the middle Yanshanian deformation across the Western Shandong Block and its neighbor
(not real scale)

1—岩石圈地幔; 2—中、下地壳(早前寒武纪基底); 3—中元古界—中三叠统沉积盖层;
4—下、中侏罗统; 5—逆冲断层; 6—左旋走滑断层(相反为右旋); 7—厢状褶皱
1—Lithospheric mantle; 2—lower—middle crust (Early Precambrian basement);
3—Mesoproterozoic—Middle Triassic sedimentary cover; 4—Lower—Middle
Jurassic; 5—thrust fault; 6—sinistral strike-slip fault (dextral
one if the symbol is reversed); 7—box fold

部一些软弱古生界地层和上部刚性的古生界—中生界的“三明治”力学结构为特征,所以基底发生NW—SE向收缩,出现向西逆冲的主逆冲断层,局部出现反冲断层,自一条中心线分别向两侧逆冲,这种样式的逆冲构造组合称为冲起构造(pop-up structure)。在侧向冲起构造的后缘部位,被两条断层限定的能干性强的岩层或地块因强烈挤出,向前缘侧向上冲,而在后缘上部出现断陷(新生代渤海中坳陷区)。同时,结晶基底可能发生向SW方向的挤出,使得该带在宏观挤压背景下,其上部出现NWW—NW走向断裂控制的局部断陷盆地,并持续到侏罗纪以后,随着中生代渤海—济阳盆地的发展,古隆起整体下沉,而渤海—济阳盆地南缘的鲁西地块隆升由长期发展的正向构造演变为埋藏在白垩系和新生界区域北倾单斜之下的隐伏古隆起。

4 鲁西地块的形成过程与模式

鲁西地块在古生代,处于构造稳定阶段。印支运动西伯利亚、华北、华南板块逐渐完成拼接、聚合,对本区的影响早期表现为差异升降和宽缓褶皱作用,晚期为断块作用,在近南北向挤压力的作用下,产生了鲁西古生界的近东西走向的宽缓褶曲。

印支运动以后,太平洋板块沿NW方向运动,向欧亚大陆俯冲,东西走向的断层形成,发生了引张正断活动,推测地幔自北向南流动,带动鲁西块体向南滑移,沂沭带左行,聊城—兰考断裂右行,鲁西地块在NW—SE向挤压作用下,发生向西南方向的挤出逃逸并上升隆起,刚性地块破裂,NW或EW向断裂的张性活动形成了一些单断凹陷,凹陷内沉积的最老的地层是下侏罗统一坊子组,形成箕状断陷构造格局,对应发生了早侏罗世的岩浆活跃期,后期伴生一系列NEE向的褶曲及逆掩断层(图1)。

中侏罗世末期,西太平洋板块运动加强,全面影响中国东部地区,此时山东发生燕山早幕构造运动,表现为蒙阴组与坊子组的角度不整合,此时主压应力 σ_1 为NW向,近水平。在NW向挤压的同时,深层次上的地幔也在调节,地幔上拱及侧向塑流运动,使NW向挤压力渐变为次要地位, σ_1 转化为直立,发生张性断块运动。同时地幔因侧向流动产生侧向剪切张力,其方向往往与地幔隆起长轴垂直,剪切方向在深层次上由隆起区指向坳陷区,这个力与板缘传导来的NW向力共同对正断起作用。在泰山—沂山隆起区,NW、EW向箕状断块盆地的边缘断层均为正断活动,控制着煤系地层的保存;鲁西地块的断陷

主要是近SN与近EW向正断层正断活动。鲁西地块的拱升是由于其东侧的沂沭断裂的东盘向北西方向挤压所致。沂沭断裂带是郯庐断裂带发育最好的一段,压性构造十分发育,不仅断裂带内沉积的中生代地层强烈褶皱,而且逆断层和飞来峰也常见。整个郯庐断裂带自南向北呈S形,在山东境内明显向西凸出,这是由于此段断层向西推移幅度较大的缘故。晚侏罗世至早白垩世初,古太平洋板块向NNW方向的俯冲削减,可能深部NE方向的板片不均一的拆沉作用,导致浅部鲁西受SN方向的拉伸作用,开始第一次大规模的伸展作用,沿早期NW—NEE向断裂面下滑、掀斜,形成近东西向的地堑和半地堑盆地,接受上侏罗统的粗碎屑岩夹泥岩的沉积。

早白垩世末期,随着板缘俯冲作用的调节变化,地幔作用为主的应力渐为板块挤压力所取代,幔源应力再次为NW向板缘传来的挤压应力所替代, σ_1 又变为水平或近水平,呈NW方向,发生燕山晚幕构造运动,沂沭断裂带左行压扭运动,聊城—兰考断裂右行(刘建忠等,2004),整个鲁西块体再度发生挤出运动。随着拉伸作用增强,断裂切割加剧,引起大规模的火山喷发,形成早白垩世火山碎屑岩堆积。

白垩纪末,随着太平洋板块向NNW方向挤压作用的增强,郯庐断裂再次出现左旋走滑作用,鲁西受挤压隆起初步形成现今地貌景观,造成古近系与白垩系的不整合接触,并缺失古近系早期的沉积(王炳山等,2000)。

历经以后多期次的伸展和反转构造改造,形成现在的形态,同时使上地幔格局调整,变为北高南低,造成鲁西地块的差异升降,最终鲁西构造格局基本定型。

5 结论

(1)中生代构造层次总体在垂向上主要可分为三个构造层,分别称为上部、中部和下部;所以,鲁西地块上中生代构造变形可分为三个阶段:印支期、燕山中期和燕山晚期。印支期构造变形与燕山期构造变形的转折时代大致为中侏罗世末期,是中国东部构造变革的结果。

(2)平面上鲁西地块的变形样式总体表现为三种构造样式,印支期的近东西走向的紧闭—宽缓褶皱及相关逆冲构造,燕山中期的NNE或南北走向的坡坪式逆冲—厢状褶皱系统,和燕山晚期的NE走向的冲断—走滑带。

(3)鲁西地区中生代构造特征与盆地原型综合

研究表明,鲁西地区存在复杂的燕山期盆山耦合关系,这种关系形成于逃逸构造或挤出构造背景。鲁西地块的盆山关系与其邻区的盆山关系有所差异,其空间上的差异是统一应力场下基底构造格局及其空间差异叠合的结果。综合其他研究结果还表明,鲁西地区燕山期构造变形是在西太平洋大陆边缘弧的挤压构造背景下,陆内壳下拆沉和壳内挤出逃逸构造的综合动力作用下形成的。

致谢:三年来对鲁西地块的调查和研究先后得到了燕守勋博士的资料支持和梁邦启高工的野外帮助;中国石油大港油田有限公司周立宏博士、高振平工程师提供了大量黄骅拗陷区中生代变形的资料。对他们的无私帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 杜旭东,李洪革,陆克政,张一伟,漆家福. 1999. 华北地台东部及邻区中生代(J—K)原型盆地分布及成盆模式探讨. 石油勘探与开发, 26(4): 5~9.
- 金振奎,刘泽容,石占中. 1999. 鲁西地区断裂构造类型及其形成机制. 石油大学学报(自然科学版), 23(5): 1~5.
- 李洪革,杜旭东,陆克政,漆家福. 1999. 渤海湾地区中西部中生代构造特征及演化. 石油大学学报, 23(3): 1~5.
- 李三忠,张国伟,李亚林,赖绍聪,李宗会. 2002. 秦岭造山带勉略缝合带构造变形与造山过程. 地质学报, 76(4): 469~483.
- 李三忠,刘建忠,赵国春,吴福元,韩宗珠,杨中柱. 2004. 华北克拉通东部地块中生代变形的关键时限及其对构造的制约——以胶辽地区为例. 岩石学报, 20(3): 633~646.
- 林景仟,谭东娟,金桦. 1996. 鲁西地区中生代火成活动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄. 岩石矿物学杂志, 15(3): 213~220.
- 刘建忠,李三忠,周立宏,高振平,郭晓玉. 2004. 华北板块东部中生代构造变形与盆地格局. 海洋地质与第四纪地质, 24(4): 45~54.
- 王炳山,王西恩. 2000. 鲁西伸展构造特征及其对煤矿生产的影响. 煤田地质与勘探, 28(3): 20~24.
- 燕守勋. 1994. 从盆地沉积和古构造分析鲁西中新生代地壳伸展史. 中国区域地质, (1): 46~51.
- 于福生,漆家福,王春英. 2002. 华北东部印支期构造变形研究. 中国矿业大学学报, 31(4): 402~406.
- 张国伟,董云鹏,赖绍聪,郭安林,孟庆任,刘少峰,程顺有,姚安平,张宗清,裴先治,李三忠. 2003. 秦岭—大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带. 中国科学, 33(12): 1121~1135.
- 张俊,潘懋,漆家福,杨攀新. 2002. 黄骅盆地孔西构造带的构造几何学特征. 北京大学学报, 38(4): 524~530.
- 赵重远. 1984. 渤海湾盆地的构造格局及其演化. 石油学报, 5(1): 1~18.
- 赵重远,刘池洋. 1990. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存. 西安: 西北大学出版社, 1~189.
- 周立宏,李三忠,刘建忠,等. 2003. 渤海湾盆地前第三系构造演化与潜山油气成藏模式. 北京: 中国科学技术出版社, 1~181.
- 朱光,牛漫兰,刘国生,王道轩,宋传中. 2002. 郑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): 325~334.
- 宗国洪,施央申,王秉海,王捷. 1998. 济阳盆地中生代构造特征与油气. 地质论评, 44(3): 289~294.

References

- Cho M. 2001. A continuation of Chinese ultrahigh-pressure belt in Korea: evidence from ion microprobe U-Pb zircon ages. *Gondwana Res*, 4: 708.
- Chough S K, Kwon S T, Ree J H, Choi D K. 2000. Tectonic and sedimentary evolution of the Korean peninsula: a review and new view. *Earth-Science Reviews*, 52: 175~235.
- Cluez D, Lee B J, Cadet J P. 1991. Indosinian dextral ductile fault system and synkinematic plutonism in the southwest of the Ogcheon belt(South Korea). *Tectonophysics*, 194: 131~151.
- Du X D, Li H G, Lu K Z, Zhang Y W, Qi J F. 1999. Distribution of prototype basins in Huabei platform and its neighboring region and a discussion of basin formation model. *Petroleum Exploration and Development*, 26(4): 5~9 (in Chinese with English abstract).
- Jin Z K, Liu Z R, Shi Z Z. 1999. Fault types and their formation in the Luxi Block. *Journal of the University of Petroleum, China*, 23(5): 1~5(in Chinese with English abstract).
- Li H G, Du X D, Lu K Z, Qi J F. 1999. Structural feature and evolution in the central and west of the Bohai Bay Basin. *Journal of the University of Petroleum, China*, 23(3): 1~5(in Chinese with English abstract).
- Li S Z, Zhang G W, Li Y L, Lai S C, Li Z H. 2002. Deformation and orogeny of Mian-Lue suture zone of the qinling orogenic belt. *Acta Geologica Sinica*, 76(4): 469~483(in Chinese with English abstract).
- Li S Z, Liu J Z, Zhao G C, Wu F Y, Han Z Z, Yang Z Z. 2004. Key geochronology of Mesozoic deformation in the Eastern Block of the North China Craton and its constraints to regional tectonics——a case of Jiaodong and Liaodong Peninsula. *Acta Petrologica Sinica*, 20(3): 633~646 (in Chinese with English abstract).
- Lin J Q, Tan D J, Jin Y. 1996. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of Mesozoic igneous activities in western Shandong. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 15(3): 213~220(in Chinese with English abstract).
- Liu S F, Heller P L, Zhang G W. 2003. Mesozoic basin development and tectonic evolution of the Dabieshan orogenic belt, central China. *Tectonics*, 22(4): 1038~1055.
- Meng Q R, Zhang G W. 1999. Timing of collision of the North and South China blocks: Controversy and reconciliation. *Geology*, 27(2): 123~126.
- Sengor A M C, Natal'in B A. 1996. Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis. In: Yin An, Harrison M, eds. *The tectonic evaluation of Asia*. Cambridge University Press, 487~614.
- Wang B S, Wang X E. 2000. Characteristics of extensional structures in western Shandong and their influence on coal mine production. *Coal Geology & Exploration*, 28(3): 20~24 (in Chinese with English abstract).
- Yan S X. 1994. The history of Meso—Cenozoic crustal extension in western Shandong as viewed from a sedimentary and Paleotectonic analysis of the basin. *Regional Geology of China*, (1): 46~51(in Chinese with English abstract).
- Yin A, Nie S R. 1993. An indentation model for the north and south China collision and the development of the Tan-Lu and Honan fault systems, Eastern Asia. *Tectonics*, 12(4): 801~813.
- Yu F S, Qi J F, Wang C Y. 2002. Tectonnic deformation of

- Indosinian Period in Eastern part of North China. *Journal of China University of Mining & Technology*, 31(4): 402~406 (in Chinese with English abstract).
- Zhang J, Pan M, Qi J F, Yang P X. 2002. Geometrical feature of the Kongxi structural belt in the Huanghua depression. *Journal of Peking University*, 38(4): 524~530 (in Chinese with English abstract).
- Zhang G W, Dong Y P, Lai S C, Guo A L, Meng Q R, Liu S F, Chen S Y, Yao A P, Zhang Z Q, Pei X Z, Li S Z. 2003. The Mian-Lue tectonic belt and suture zone in the south of the Qinling—Dabie Orogen. *Science of China (Series D)*, 33(12): 1121~1135 (in Chinese).
- Zhao Z Y. 1984. Tectonic framework and its evolution of the Bohai Bay Basin. *Acta Petrolei Sinica*, 5(1): 1~18 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Z Y, Liu C Y. 1990. Formation, evolution and hydrocarbon of basin in the North China Craton. Xi'an: Northeast University Press, 1~189 (in Chinese with English abstract).
- Zhou L H, Li S Z, Liu J Z, et al. 2003. Pre-Tertiary tectonic evolution and buried hill-type oil—gas development and reservation under the Bohai Bay basin. Beijing: China Science & Technology Press, 1~181 (in Chinese with English abstract).
- Zhu G, Niu M L, Liu G S, Wang D X, Song C Z. 2002. Deformation, magmatism and sedimentary events during Early Cretaceous strike-slipping in the Tanlu Fault. *Acta Geologica Sinica*, 76(3): 325~334 (in Chinese with English abstract).
- Zong G H, Shi Y S, Wang B H, Wang J. 1998. Tectonic feature and its hydrocarbon in the Jiyang Depression. *Geological Review*, 44(3): 289~294 (in Chinese with English abstract).

Mesozoic Structure and Its Tectonic Setting in the Western Shandong Block

LI Sanzhong^{1, 2)}, WANG Jinduo³⁾, LIU Jianzhong⁴⁾, YU Jianguo³⁾, LÜ Haiqing^{1, 2)}, HOU Fanghui^{1, 2)}

1) *Department of Marine Geology, Ocean University of China, Qingdao, Shandong*, 266003

2) *The Key Lab of Seabed Resource and Exploration Techniques, Ocean University of China, Qingdao, Shandong*, 266003

3) *Institute of Geophysical Exploration, Shengli Oilfield, Company Ltd., Sinopec, Dongying, Shandong*, 257022

4) *National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing*, 100012

Abstract

Based on some results of 1:50000 regional mapping in the western Shandong block, this paper mainly describes the Mesozoic deformation, basin prototype and their relation in the western Shandong block. Vertically, the Mesozoic structural levels in this block are divided into the lower, middle and upper levels, which are unconformably overlain by the Mid—Upper Jurassic, the Upper Jurassic—Lower Cretaceous and the Upper Cretaceous, respectively. In plan view, the deformation style shows three types, i. e. the E—W-striking open to tight folds and the related reverse faults of the Indosinian, the NNE- or NS-striking box fold and propagating thrust fault system of the middle Yanshanian movement, and the NE-striking slip fault and high-angle reverse fault system of the late Yanshanian movement. However, the deformation styles and basin prototypes in different parts of the western Shandong block varied evidently. This variation is derived from that of structural framework of the basement and the multiple-stage structural superimposition. The comprehensive study shows that the structure in the western Shandong block was formed in the dynamic setting of the continental marginal arc of the west Pacific, and under combined processes of the continental subcrust delamination and the continental intracrust extrusion.

Key words: western Shandong block; Yanshanian; Indosinian; tectonic framework; basin prototype