

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

鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性

刘池洋, 赵红格, 王锋, 陈洪

西北大学大陆动力学教育部重点实验室, 西北大学含油气盆地研究所, 西安, 710069

内容提要: 鄂尔多斯盆地西缘构造带独特的大地构造位置、复杂的构造特征、活跃的新构造运动和良好的矿产赋存条件, 长期以来为诸多地质学和矿产学者所关注; 并从不同角度对该区带的区域地质构造特征和构造属性进行了程度不同地探讨, 提出了不尽相同的认识。近年来, 有不少研究者将其中生代构造属性划归“前陆盆地”。在地质历史上, 适于前陆盆地发育的地球动力学环境, 在时间和空间上均是相当有限的。鄂尔多斯盆地西缘(部)处于多个性质不同大地构造单元的结合部位, 构造特征因地而异, 演化过程十分复杂。本文根据最新勘探资料和测试结果, 通过对区域背景、盆山关系、沉积响应、构造特征、原盆面貌、演化过程、发育时限和后期改造等方面的综合研究认为, 鄂尔多斯盆地西部在中生代整体上不具前陆盆地属性, 为大型残延克拉通内盆地的组成部分; 仅在晚侏罗世以来盆地发育晚期和之后的有限时期和局部地段, 存在有与前陆盆地结构“貌似”的剖面组合特征。

关键词: 鄂尔多斯盆地西缘(部); 构造属性; 残延克拉通内盆地; 前陆盆地; 盆山耦合; 区域构造

鄂尔多斯盆地西缘构造带总体呈南北向展布, 地跨陕、甘、宁、蒙四省区, 北起内蒙磴口, 经宁夏银川、同心、固原及甘肃平凉, 南端达陕西陇县一带, 东西宽50~200 km, 南北长达600 km, 面积约60000 km²。

1 问题的提出与研究现状

在区域大地构造位置上, 鄂尔多斯盆地西缘构造带横亘在华北克拉通与阿拉善地块、秦岭造山带与祁连造山带等不同特征的构造单元之间, 将中国东、西部分隔为地质特征明显不同的两大构造域; 也是我国东、西部两大地震构造域和地貌区划的分界线。其独特的大地构造位置和活跃的新构造运动, 长期以来为地质学多个学科的专家所重视(赵重远, 1990; 杨俊杰等, 1990; 汤锡元等, 1992; 王贵玲等, 2004)。

鄂尔多斯西缘构造带与鄂尔多斯巨型含油气、聚煤盆地的发展演化及改造息息相关, 与其带内和周邻诸多沉积盆地的形成有机相联, 具有良好而复杂的矿产赋存条件, 故又一直为能源地质工作者所关注。广大石油地质工作者把南北向构造带称之为“陕甘宁(鄂尔多斯)盆地西缘断褶带”; 将其南部弧形构造带中的中生代盆地称为六盘山盆地(赵重

远, 1990; 杨俊杰等, 1990); 把位于现今鄂尔多斯盆地与六盘山盆地之间的隆起, 称为“古脊梁”(古陆梁)(彭希龄, 1955)、南北向隆起带等。

在20世纪70年代中期和90年代后期至今, 分别随北美西部逆冲推覆构造带内油气田的发现和我国西北地区, 特别是库车和酒西晚新生代陆内前陆盆地油气勘探的重大突破, 鄂尔多斯盆地西缘又分别以“逆冲推覆构造带”(赵重远, 1990; 杨俊杰等, 1990; 汤锡元等, 1992)和“前陆盆地”(刘少峰等, 1996; 孙肇才, 2002)的“身份”成为我国油气地质研究和勘探的“热点”地区之一而备受关注、且讨论热烈。

在将鄂尔多斯盆地(西部)视为“前陆盆地”的诸多论著中, 对其发育时代、展布范围和基本特征等认识有异; 确定依据不尽相同, 综合归纳主要有以下4点: ①盆地西缘马家滩自西向东逆冲推覆构造的存在; ②在该逆冲推覆构造之东, 出现盆地埋藏最深的天环坳陷; ③该坳陷之东发育与其相伴同存的区域西倾单斜; ④将盆地西缘相隔较远、分处南(平凉崆峒山)、中(石沟驿)、北(贺兰山汝箕沟)三地的较厚中、晚三叠世地层及砾岩露头剖面相联系, 看作贯通西缘的南北向深前渊等。据此认为, 鄂尔多斯盆地西缘前陆盆地在中、晚三叠世延长期已存在; 于早白垩

注: 本文为国家重点基础研究发展计划“973”项目(编号 2003CB214600)资助的成果。

收稿日期: 2004-12-28; 改回日期: 2005-03-30; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 刘池洋, 笔名刘池洋, 男, 1953年生。教授, 博士生导师。长期从事盆地动力学和油气地质与勘探研究与教学工作。Email: lcy@nwu.edu.cn。

世发展达到高潮。

鄂尔多斯盆地西缘(部)处于多个性质不同大地构造单元的结合部位,构造特征因地而异,演化过程复杂多变。对其构造属性,即中生代是否为前陆盆地,或何时具前陆盆地结构等问题,目前尚有不同认识;对上述确定依据,仍存疑较多,值得进一步探讨。

国内外油气勘探实践证明,前陆盆地油气资源甚丰,但成藏条件复杂、生储组合多样,油气主要来自前陆盆地发育期前已沉积的烃源岩(杨明慧等,2000;刘池洋等,2002)。所以,对鄂尔多斯盆地西缘(部)构造属性的探讨和具前陆盆地结构形成时限的确定,对该区油气赋存与成藏条件的认识和总体勘探思路及部署的确定具有重要意义。

本文根据最新勘探资料和测试结果,将盆地演化与区域背景、构造特征和沉积响应、后期改造与原盆面貌恢复等有机结合、综合研究,探讨鄂尔多斯盆地西缘(部)在中生代的构造属性。

2 盆地西缘(部)地质构造特征及演化

在地质历史上,适于前陆盆地发育的地球动力学环境,在时间和空间上均是相当有限的(刘池洋等,2002)。前陆盆地为形成于收缩造山带与相邻克拉通之间,平行于造山带呈狭长带状展布的不对称

冲断挠曲盆地(Dickinson,1976; DeCelles et al., 1996; 刘池洋等,2002)。此概念或定义表明,前陆盆地①形成于两大板块拼接碰撞的强烈挤压时期和构造环境中;②与两大会聚板块之间形成的收缩造山带相伴而生、平行展布、同步发展、彼此耦合;③具不对称的挠曲结构和冲断变形特征;④在物源、岩性、厚度和相带等方面,具有鲜明的沉积响应。以下有关盆地西缘(部)地质构造特征及演化的论述,将以这些内容为主线。

2.1 盆山关系

前陆盆地与收缩造山带同步消长、有机耦合。产生前陆盆地,必有与之发育时间相当、位置相邻、平行展布、有成因联系的收缩造山带存在。这是确定前陆盆地的必要条件之一。在盆地西缘及邻区,现今仅有各自分居南、北的六盘山和贺兰山(图1)。

2.1.1 贺兰山

现今贺兰山最高海拔3556 m,平均海拔2000 m以上,主体由中生界和部分古生界组成。中、上三叠统和中侏罗统分布广泛,各组段地层发育齐全,可与鄂尔多斯盆地对比。中、晚三叠世延长组最厚逾1900 m,上覆中侏罗统延安组分布广泛,盛产汝箕沟优质煤;至今还有中侏罗统直罗组和安定组地层残留。

该区构造和中生界分布呈两个向斜夹一个背斜

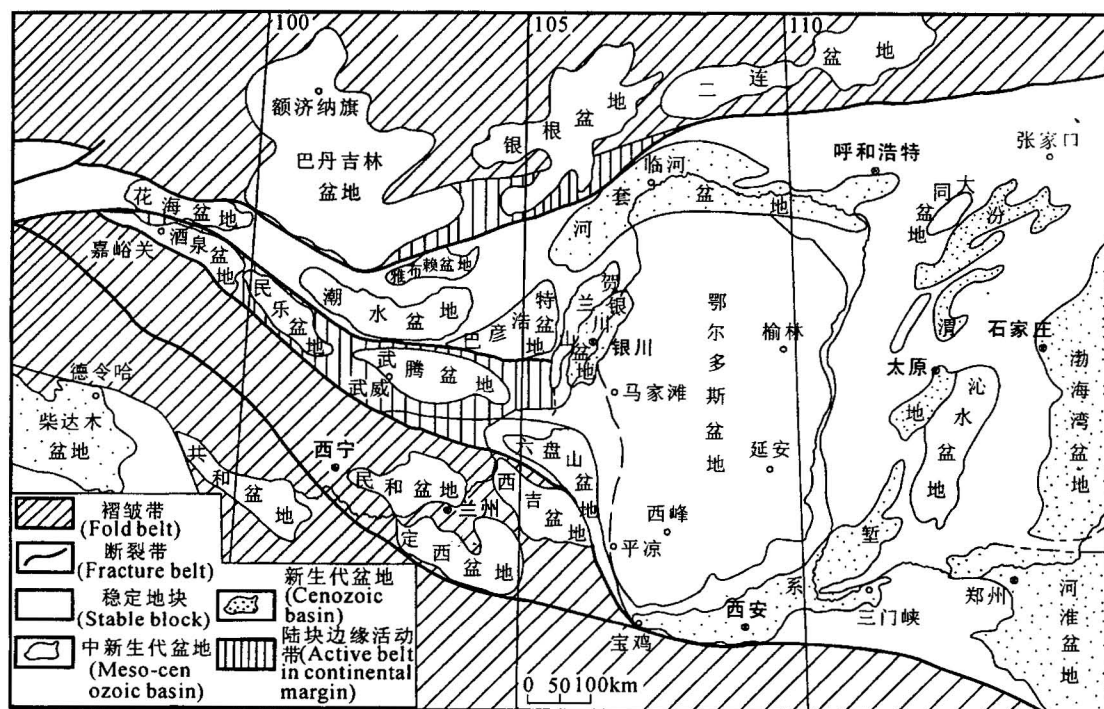


图1 中国北方中部中、新生代盆地分布图

Fig. 1 Distribution of Mesozoic and Cenozoic basin in the middle of North China

的格局,向斜规模大,背斜面积较小。故统称其为贺兰山复向斜(汤锡元等,1992)。汝箕沟煤矿位于东部同名向斜中。

2.1.2 六盘山

六盘山地区白垩系和第三系分布广泛、地层齐全,厚度较大,分别均可达3000 m,通常称其为六盘山盆地。在白垩纪早、中期,六盘山地区的沉积与今鄂尔多斯盆地相通,且沉积中心(之一)主体在前者。六盘山盆地在第三纪早、中期仍接受沉积,于中新世晚期始逐步隆升成山;现今主体为山脉,最高海拔2954 m。

以往认为,在六盘山盆地及邻区,上三叠统分布局限。然近年的研究发现,在该区的炭山、窑山、上流水剖面 and 盘探3井中,原中侏罗世延安组下部含煤层段的时代应为晚三叠世延长期(邓胜徽等,1998;傅智雁等,1998)。揭示的延长组最厚可达706 m(盘探3井)。综合研究对比表明,在六盘山盆地及邻区大范围分布的上三叠统一侏罗系,与鄂尔多斯盆地同时代地层的发育特点相似、地层厚度相当;和西南邻区西吉盆地上三叠统的孢粉和双壳类化石组合和发育特点基本相似(杨福忠等,2001);且均含一层暗紫色、砖红色凝灰岩(宁夏地质矿产局,1990)。

2.1.3 中部卫宁地区

六盘山和贺兰山彼此并不相连。在二者之间为宽约20~50 km的(中)卫-(中)宁地区,黄河在此分别以两个近90°的急拐弯进入宁夏和流经银川地堑。该区为海拔较低、高差相对较小的丘陵、台地和平原地貌,构造线和地层主要呈东西向或近东西向展布。该区属鄂尔多斯盆地中部横向构造带西延的重要组成部分;向东延伸即为马家滩逆冲推覆带。

卫-宁构造带现今大部被新生代地层所覆;在南北两侧,出露地层以泥盆系、石炭系和二叠系为主,部分为奥陶系及寒武系。

由上述可知,现今盆地西邻的六盘山和贺兰山及周邻地区,于晚三叠世至中侏罗世不仅没有隆起成山,而且总体属区域沉降、广泛接受较厚沉积的负向构造单元。即当时并无近南北向的统一收缩山系或区域隆起,自然不会产生同时代的前陆盆地。

2.2 区域背景

对形成较早的前陆盆地,后期改造有可能使之相伴的造山带现今荡然无存。在今六盘山和贺兰山之西,是否曾存在近南北向的大型收缩山系?这可从中生代区域构造环境的厘定得到回答。因前陆盆地和相伴收缩造山带的发育,是在两大板块(地块)

较长时期会聚碰撞、强烈挤压构造环境中形成的。是否存在这种环境,是确定前陆盆地的另一个必要条件。

鄂尔多斯盆地西缘处于多个大地构造单元的结合部位(图2)。这些构造单元的构造属性不同、特征有别、规模不等、发展历史多样。它们之间相互影响、彼此制约,主次作用随时消长。这造就了鄂尔多斯盆地西缘及邻区极为复杂的地质构造特征。

2.2.1 西邻没有统一的较大型地块

在鄂尔多斯盆地西缘之西,既没有与华北(或鄂尔多斯)地块同量级的地块存在,也没有统一的较大型地块相邻。与盆地中北部接壤的阿拉善地块,受相邻古生代褶皱带活动的影响,其整体性和稳定性在中生代已有较大改观。据此可将该地块划分为阿拉善北缘活动带、阿拉善较稳定地块和走廊过渡带^①。在空间展布上,后二者大致分别与盆地北部(含贺兰山)及中部横向构造带(含卫-宁构造带)相对应。盆地西南部和六盘山盆地之西,直接与祁连-秦岭褶皱带毗邻(图1、2)。

2.2.2 阿拉善地区诸中生代盆地

在中生代中、晚期,阿拉善—河西走廊地区以张性块断活动为主,长期隆起的地块解体,显现断陷盆地与断隆相间分布的基本格局。主要构造(断陷、断隆和大断裂)线展布方向为北东东、北西西和北东向,近南北向构造线不发育。其中东部主要有巴彦浩特、雅布赖、潮水和武腾等盆地(图1)。断陷盆地规模不等、沉积厚度和相带变化较大,最厚可达3000~5000 m。中、下侏罗统基本为还原条件下的非补偿型含煤建筑,上侏罗统一白垩系则具干旱气候下补偿—超补偿型坡积—洪积相、河流相和湖泊相沉积。

2.2.3 祁连-秦岭褶皱带内西吉(定西)盆地

六盘山盆地西南与祁连-秦岭褶皱带内西吉(一定西)盆地相邻(图1)。该盆地至今尚未钻探,盆内新生界广布,边部出露地层以古生界和前寒武系为主;中生界见于西北部和南部,地层发育齐全,仅缺失中、下三叠统。上三叠统南营儿组为一套河湖相灰绿、深灰色砂泥岩夹煤线沉积,厚约900 m。中、下侏罗统窑街组下部为灰白色厚层砾岩加石英砂岩;上部为灰色、灰褐色加紫红色泥页岩及煤层,厚141 m,与下伏地层为不整合或假整合接触。下白垩统与六盘山盆地可进行对比,总厚292~717 m;上白垩统缺失。

综上所述,在盆地西缘之西邻区,中生代没有规模较大的稳定地块;不曾发生较大范围的长期区域

隆升;尚未发现相邻板块近东西向聚敛碰撞及其强烈区域挤压的行迹。所以,在盆地西缘及西邻,不具备形成纵贯南北的统一前陆盆地之区域动力学环境。

2.3 沉积响应

盆地的构造属性和特征,总体制约着盆地的沉积建造和相带。二者有机相联、彼此印证。后者同时还可提供物缘区和盆地周缘隆升等相关信息。前陆盆地所在地为盆山耦合的典型地区,盆地表现出的沉积响应,是确定前陆盆地和其演化过程的重要依据(刘池洋等,2002)。

前已述及,鄂尔多斯盆地西缘分居北、中、南三处的较厚晚三叠世地层及砂砾岩,曾被看作前陆盆地的前渊而成为认定前陆盆地存在的重要依据之一。这三套地层具何特征,形成于什么构造背景,能否简单地三地连为一带,确需进一步探讨。

2.3.1 崆峒山砾岩

该砾岩分布于盆地西南隅甘肃平凉崆峒山至大台子之间。在崆峒山和太统山一带沉积物最粗,由砾岩、砂砾岩及砂岩组成;厚度也最大,可达2240 m(宁夏地质矿产局,1990);向东粒度急剧变细,厚度减薄;颜色遂由红变绿。砾石以杂色为主,成分多为砂岩、石英岩及灰岩,变质岩次之;磨圆较差、大小混

杂,粒径最大可达70 cm,偶见1 m,一般为1~40 cm。在东部大台子一带,沉积物粒度显著变细,主要为灰色砂岩、细砂岩、粉砂岩夹砂质泥岩;局部可见砾岩夹层,厚1~2 m左右。

崆峒山砾岩时代确定的惟一证据是数量和分布均极为有限的晚三叠世孢粉化石。由于该套砾岩的颜色和分布均较特殊;向东北很快即见延长统湖相细粒沉积物,其间相变突然;其上又直接被下白垩统砾岩不整合覆盖,故对其时代一直尚存疑义。在该砾岩北24 km新的地震剖面揭示,在盆地边界逆冲断层下降盘附近,中生代地层的厚度并无明显变化。这说明崆峒山等地巨厚砾岩的平面展布范围极为有限,并未向北延伸多远,不可能构成南北向沉降带。

在平凉之南约40 km华亭策底坡、纳水河一带分布的晚三叠世砾岩,成分主要为上盘岩石。

晚三叠世到侏罗纪正是秦岭洋最终关闭后强烈碰撞造山的重要时期(张国伟等,2001),上述砾岩恰处秦祁褶皱带的反“S”形弧形弯转部位(图1),其沉积和构造演化应主要受控于总体呈近东西向展布的秦岭造山带的影响,不应视为西缘构造活动的响应。

2.3.2 石沟驿含砾砂岩

该剖面位于宁夏灵武南部,在马家滩之西偏南约30 km处。中、上三叠统延长组主要为长石砂岩,



图2 中国北方中部大地构造分区及鄂尔多斯盆地西部晚侏罗世区域构造背景纲要图

Fig. 2 Tectonic distribution in the middle of North China and Late Jurassic regional background in west Ordos basin

含有砾石,夹粉砂岩或泥岩。砂岩单层厚度从几十厘米到4~5 m不等,其中以0.5~2 m最常见。砂岩中大型槽状交错层理发育,为河流相沉积,底部有细砾石。砾石零星分布或顺层产出,粒径多在1~2 cm,磨圆较好。整套地层中未见砾石层和粒径较大的砾石。

对该剖面延长组的厚度,有两组差别较大的数据。一组为3295 m,被作为西缘前陆巨厚沉积响应的证据。该数据发表最早见于1959年(张文昭,1959),来自1956年原石油部西安地质调查处的未刊调研资料^⑨。虽经多方努力,一直未找到原始报告或相关资料。故对此与众不同的厚度之产生,只能暂作存疑。

另一组数据为近1000 m,主要来自宁夏区调系统和煤田资料。如曾在石沟驿煤矿现场工作过的张泓等(1995)认为,该地区厚度并不很大,约900多m;宁夏区调研究院2001年成果图中表注,该剖面延长组厚980.8 m,纸坊组>1408 m。

在石沟驿剖面之东不远,大量的石油钻井揭示延长组厚度均小于1500 m,一般为800~1000 m(图3)。其中苦深1井最厚,长2~10油层组总厚1320 m;长1层组缺失。据周邻同层厚度推断,长1层组厚度小于200 m^⑩。综合分析灵武—盐池地区诸露头 and 井下资料,延长组1~5段各段最大厚度累计仅1270 m(宁夏地质矿产局,1990)。

在同一剖面或较小范围内,同时代地层厚度变化如此之大,长期令人费解和关注。笔者认为,即使在石沟驿地区中、晚三叠世延长期有厚逾3000 m的沉积,其分布范围也很局限;其延展方向应与呈近东西向的延长组地层较厚带相连(图3);而不是南北成带。因石沟驿剖面之南不远即为范围宽广、厚度小于800 m的低隆起区(图3)。

2.3.3 汝箕沟砾岩和含砾砂岩地层

宁夏境内中、上三叠统延长组(群)在贺兰山白灰沟—汝箕沟一带最厚,总厚1543 m。岩性下粗上细,仅在底部发育厚21.2 m的块状砾岩,砾岩单层厚度为1.5~3 m,砾石分选和磨圆甚好,无明显定向排列,成分主要为石英岩和砂岩,砾径5~15 cm,最大可达25 cm;反映物源来自二叠系(宁夏地质矿产局,1990)。

向西到贺兰山西侧内蒙古阿左旗哈拉乌沟—水磨沟一带,延长组粒度变粗,总厚可达2949 m。在宁夏中北部及邻区,延长组总的变化特征为,自西向东粒度变细、厚度减薄(宁夏地质矿产局,1990)。

在汝箕沟南西约2 km的鼓鼓台一带出露有面

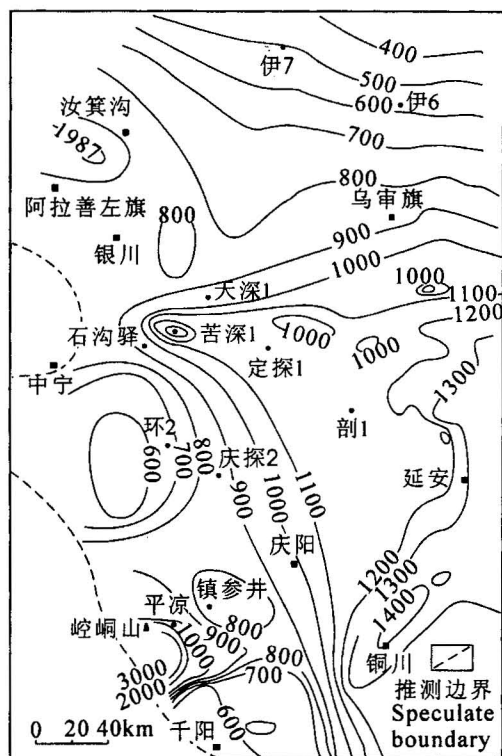


图3 鄂尔多斯盆地中西部中、晚三叠世延长组等厚图
Fig. 3 Yanchang Formation depth distribution of Mid-Late Triassic Epoch in the middle-west of Ordos Basin

积达2 km²的玄武岩,属高铁拉斑玄武岩,形成于大陆裂谷环境^⑪。其同位素年龄有229±15 Ma(宁夏地质矿产局,1990)、103 Ma和98 Ma(高山林等,2003)(均为全岩K-Ar法)等数据。该玄武岩整合覆盖在晚三叠世延长群顶部地层之上,其上与中侏罗世汝箕沟组(相当于延安组)呈微角度不整合接触。结合区域构造演化等资料综合分析,初步认为其形成时代为晚三叠世晚期或末期,也有早侏罗世的可能。

汝箕沟和水磨沟所在地区位于盆地西北缘,这套地层下部具边缘相沉积特征;砾岩和巨厚地层的堆积,应与裂隙块断作用形成的较大地貌高差有关。

2.4 构造变形分区

在南北向上,盆地西缘不同区段构造特征差异明显^⑫(张进等,2004)。根据地质构造特征、地貌景观及其在各类地球物理资料上的显示等方面的差异,将盆地西缘可分为南、中、北三区^⑬。这三区与前述盆地西邻的构造分区在位置上有一定对应关系。在此着重论及并对比以往认定盆地西缘为前陆盆地的关键证据——马家滩逆冲推覆构造带与南、北近邻区构造特征的差异,及其在盆地西缘是否具代表性。

2.4.1 马家滩构造带

该带北起马家滩,南至惠安堡,南北宽约44 km。该带主体结构为4条较大的西倾逆冲断层形成的4大冲断席(图4);在其前缘,发育三角带和反向冲断层;共同构成了大型逆冲推覆构造体系。各种地球物理资料揭示,该逆冲推覆体系为典型的“薄皮构造”,大型逆冲推覆体由西向东沿上古生界煤系地层中软弱层发生滑脱-逆冲,形成底板逆冲断层和叠瓦扇;造成深浅层构造在强度、复杂性和分布等方面差异明显。

主要逆冲断层均呈上陡下缓,向深部多归并于一滑脱面上,很少切穿推覆体底面。自西向东,各断层的倾角逐步增大,水平断距和垂直断距渐趋变小。由浅到深,同一断层的垂直断距减小;浅部断距可达上千米,而深部仅有几百米。

逆冲断裂带走向北北西,呈近等间距排列,断层延伸长度大,约为25~47 km。夹于其间的褶皱两翼陡、缓不同。各复背斜带呈东窄西宽、东陡西缓的不对称形态;轴部偏东,靠近主逆冲断层。轴部出露的层位由东向西逐渐变新,依次出现中、上三叠统、中侏罗统。

2.4.2 横山堡构造带

在马家滩构造带之北的横山堡—陶乐地区(图5),构造式样和特征则与马家滩地区迥然不同。该区段多以向西逆冲的东倾断层为主,断面较陡,一般为 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$,最大可达 75° ,向深处并未明显变缓,较大型逆冲断层多已切入基底。断层垂直断距大于水平断距,垂直断距一般为200~500 m,最大可达1300

m,向南断距有变小的趋势。主冲断层走向南部近南北,向北偏转为北北东,大致呈等间距平行排列。

东倾逆冲断层明显具有西强东弱的活动特点,自东向西断距逐渐增大、地层逐步抬高,致使该区地层均向东倾斜。现存的前白垩系自东(南)向西依次为中、下侏罗统、三叠系、上古生界和下古生界,未卷入冲断变形的下白垩统直接不整合覆盖其上。在白垩纪地层中发育正断层,且愈临近银川地堑,正断层愈多。部分正断层是前期逆冲断层后期反转所产生。

根据地震剖面揭示,具上述构造特征的区段南起横山堡之南,北达陶乐之北,南北宽逾80 km;西止银川地堑;东与天环坳陷的分界不是大断层接触,而是通过若干走向近南北、由东向西逆冲、大致呈近等距性、叠瓦状排列的东倾逆冲断层逐步过渡。

对卷入和上覆未卷入逆冲变形的地层及其原始沉积特征恢复等综合研究表明,马家滩逆冲推覆构造和横山堡—陶乐冲断构造均形成于晚侏罗世。

2.4.3 构造转换带

该转换带北起磁窑堡,南临马家滩,南北宽逾18 km,横亘在横山堡与马家滩构造带之间(图2)。

此转换带地表条件复杂,出露地层大部为第四系,下白垩统分布局限,部分地区零星可见上三叠统和下、中侏罗统。该带地下构造的主要特征和延展方向等与南、北邻区差别较大。如转换带内没有大型逆冲断裂和推覆构造,以褶皱构造为主,总体由相间排布的三对背向斜构成;并发育东西走向的逆断层,断面陡立,切断 T_9 以上层位,地震剖面揭示垂直断距约60 m。再如临近该带,南、北邻区的主要断裂和褶

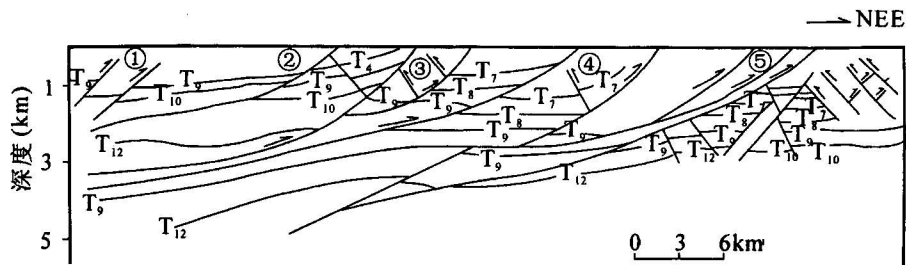


图4 鄂尔多斯盆地西缘马家滩段构造结构图(据汤锡元等,1992)

Fig. 4 Structure profile of Majiatan segment at the west wedge of Ordos Basin (after Tang Xiyuan et al., 1992)

地震反射界面: T_4 —中、下侏罗统延安组内; T_7 —上三叠统延长组内; T_8 —上三叠统石千峰组底; T_9 —上石炭统太原组顶;

T_{10} —奥陶系顶; T_{12} —寒武系底。图中断层名称:①—青铜峡;②—韦州;③—青龙山;④—惠安堡;⑤—马儿庄

Seismic reflection survey: T_4 —Middle—Lower Jurassic Yanan Formation; T_7 —in the Upper Triassic Yanchang Formation; T_8 —lower part of Upper Triassic Shiqianfeng Formation; T_9 —Upper Carbonaceous Taiyuan Formation; T_{10} —top part of Ordovician system; T_{12} —lower part of Cambrian system. Name of faults: ①—Qingtongxia; ②—Weizhou; ③—Qinglongshan; ④—Huianpu; ⑤—Maerzhuang

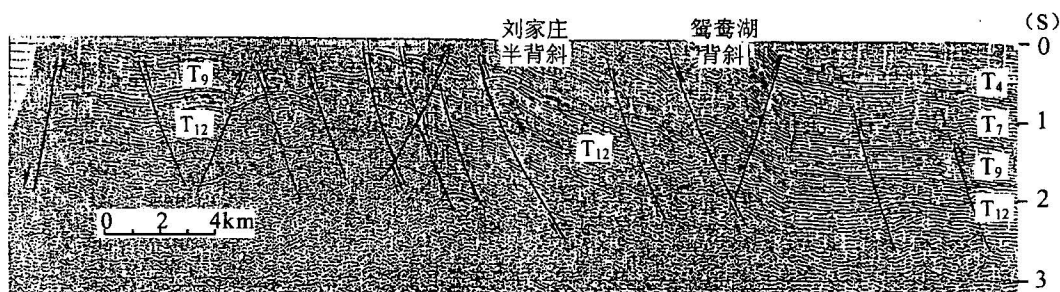


图5 鄂尔多斯盆地西缘横山堡段构造结构图(据杨俊杰等,1990)

Fig. 5 Structure profile of Hengshanpu part at the west wedge of Ordos Basin (after Yang Junjie et al., 1990)

图中地震反射界面代号含义同图4

Numbers and meaning of seismic reflected cross-section are same as Fig. 4

皱构造或逐渐消失,或嘎然而止,或构造线方向发生明显变化^⑨。

该转换带西延的吴忠地区,现虽位于银川地堑南部,其近东西向为主的构造线与北北东向展布的银川地堑明显不同,在构造属性上应划归转换构造带。该转换带属盆地中部横向构造带的北部单元(图2),向东在盆地内部以不同表现形式呈近东西向断续延伸;总体上为一规模宏伟、特征复杂、具转换调节性质、意义重要的横向构造带。

2.4.4 各区对比

盆地西缘构造特征分区明显,各区段的构造变形样式和强度不尽相同。但综合分析和对比盆地西缘多年来的勘探和研究资料表明,在西缘其他地区并没有与马家滩构造带相同或相似的构造变形区段。

马家滩构造带的南北宽度不到盆地西缘(部)构造带南北长度的1/10,属盆地中部横向构造带的南部单元。该带独特而鲜明的逆冲推覆构造特征,是盆地之西走廊过渡带向东更快运动所产生强烈推挤的结果(图2),也是中部横向构造带发育的区域构造环境。故在盆地西缘总体构造变形中,马家滩逆冲推覆构造不具代表性。在厘定盆地西部构造属性时,应对在统一构造背景下同时形成的相邻各地区的构造现象整体综合考虑,“厚此薄彼必然会使研究结论失之偏颇”(Faulds et al., 1998; 刘池洋等, 2002)。

2.5 原盆面貌

鄂尔多斯盆地的发育时限为中三叠世一早白垩世,此后多种形式的强烈改造使盆地的原始面貌大为改观。故应剔除后期改造的影响,从盆地演化主要时期的原始面貌入手,探讨盆地的属性及其演化(刘池洋等, 2002)。

2.5.1 三叠纪古面貌

重新审视和综合研究今盆地三叠系各统组地层厚度揭示,在三叠纪早、晚期,即鄂尔多斯盆地形成前和发育后,南北向地层厚度变化特点迥然不同。早三叠世刘家沟期沉积地层南薄北厚特征明显。早三叠世和尚沟期—中三叠世纸坊期早期,地层厚度无明显变化;从纸坊期晚期开始,盆地南部沉积地层明显增厚。到中、晚三叠世延长期早期(铜川期),地层厚度完全具显著的南厚北薄特征^⑩。在东西向上,在盆地西部除环县—平凉间较小范围沉积较厚外,大部地区的沉积地层较薄;总体显示西北高、东南低的格局。

中、晚三叠世延长期为盆地发育的鼎盛时期,盆地沉积范围广阔(刘绍龙, 1986; 刘池洋等, 1987; 张抗, 1989; 赵重远, 1990, 1992):东达晋豫冀,南抵秦岭;西逾贺兰山—六盘山,北越现存地层边界^⑪。在盆地西部,仅在今盆地西南隅和西北缘贺兰山中西部较小范围,该期地层厚度大于1500 m,其余广大地区一般都比盆地内部厚度小(图3)。多条连井对比剖面揭示,未遭剥蚀的延长组各油层组的地层厚度,在盆地西缘(部)一般也比盆地内部同组地层厚度略薄^⑫。换言之,在整个延长期或各油层组沉积时,在盆地西部均不曾存在规模较大的南北向地层巨(较)带。

从石沟驿向东到苦深1井—一定探1井,存在一条东西向展布的延长组地层较厚带。此带与盆地内大致沿北纬37°~38°附近展布的中部横向构造带的位置大体吻合,二者应有一定成因联系。在该带及其南、北,延长组的厚度和展布方向差别较大;整体显北薄南厚、北浅南深、北河南湖的沉积特征。延长期盆地的沉积中心在安塞—铜川一带,该中心向东延

伸可与洛阳—济源沉降带相连,呈近东西向展布。

上述三叠纪地层厚度变化表明,在盆地发育前后,南北向上的隆拗格局发生了易位反转。此转变过程与秦岭洋最终闭合、秦岭地区强烈汇聚、全面碰撞造山(T_{2-3})(张国伟等,2001)在时间上对应很好。所以,如果说鄂尔多斯盆地在中、晚三叠世具前陆盆地特征的话,应在今盆地南部,与规模宏大的秦岭造山带相伴而生、同步发展。但位于铜川沉积中心之南、具快速沉降和较厚粗粒堆积特征的古前陆盆地的主体,已随渭河断陷的沉降深埋和渭北隆起的强烈剥蚀而面目全非,现已不复存在了;仅在秦岭北部及北缘,可见残留的晚三叠世—白垩纪磨拉石相堆积。

2.5.2 早、中侏罗世古面貌

早侏罗世富县组在三叠纪末抬升剥蚀的古地貌背景下接受沉积,其岩性、厚度和分布均变化颇大,当时的古地形呈西南高、东北低。

中侏罗世延安期为盆地发育的另一个重要时期,其沉积范围远大于今残留地层边界(张泓等,1995;王双明等,1996;程守田等,1997);其西界和北界超出延长期的沉积边界,东部及南部后期遭受剥蚀改造强烈。在今盆地范围内,该期有两个地带沉积厚度较大:一为盆地西北部沿银川东(400 m)—汝箕沟煤矿(400 m)—阿拉善左旗(最厚达929 m)展布的北西西向较厚带;另一在灵武—苦深1井(最厚可达462 m)—定边(400 m)—一线,呈近东西向展布。二带的分布位置与延长期沉积较厚带有一定继承性。除此而外,整个盆地的沉积厚度总体差别不大,大部在180~300 m之间。当时在盆地西缘(部)并不存在统一的南北向沉积较(巨)厚带。

中侏罗世直罗期和安定期的沉积范围也远大于今残留地层边界。在今盆地范围的大部地区,直罗组和安定组分别厚100~400 m和100~300 m,东、西部地层厚度差别不大,没有明显的优势展布方向。

在早、中侏罗世,在盆地西缘(部)及邻区尚未发现明显挤压变形的直接证据。

2.6 隆升时限与演化过程

在晚侏罗世,盆地西缘发生了较强烈的逆冲变形和抬升剥蚀;堆积了分布局限的芬芳河组砾岩。此后盆地西缘又复沉降,早白垩世沉积覆盖在遭受强烈剥蚀的逆冲构造之上。裂变径迹测年记录了此过程。笔者已获得盆地西缘及邻区117个裂变径迹测年数据,分析样品所记录的岩石时代绝大部分为中生代。其中110个年龄小于158.2 Ma,占总数的94%;145~150 Ma为第一个年龄峰值区。这反映盆

地西缘第一次主抬升事件发生于晚侏罗世^⑨。

被作为确定前陆盆地主要证据之一的天环拗陷,在晚侏罗世才局部初显雏形,其主要发育时期和形成背景与陕北斜坡的产生密切相关,现今鄂尔多斯盆地大部地区被陕北斜坡之区域西倾单斜所占据,体现了盆地的主体特征和鲜明的特性。

根据对华北克拉通中、东部侏罗—白垩系下伏地层时代分区的综合研究与古地质构造恢复认为,于中三叠世晚期,在华北克拉通始出现北东向展布的大型东部隆起和西部拗陷格局。东部隆起大面积缺失上三叠统;西部拗陷区,即古鄂尔多斯盆地大范围接受晚三叠世沉积,沉积东界在太原—沁水—济源之东(刘池洋,1987;赵重远等,1992)。在侏罗纪—白垩纪,东部隆起的范围不断向西扩展,并遭受剥蚀;古鄂尔多斯盆地的沉积东界逐步向西迁移;未沉积区前期沉积的中生代地层遂抬升并遭受东强西弱的不均匀剥蚀。现今太原之东大部地区上三叠统及其以上地层已被剥蚀,之西侏罗—白垩纪地层因剥蚀而厚度明显减薄或殆尽。这就进一步加强了区域西拗、地层西倾的格局。所以,现今盆地西部天环拗陷和陕北大斜坡的形成,并不在晚三叠世和早—中侏罗世;而是在区域东部隆起逐步向西扩展迁移并同步遭受东强西弱不均匀剥蚀的大背景下,于晚侏罗世—早白垩世开始萌生发育,在新生代早期进一步发展、逐步定型的。

对多种资料(张云翔等,1998;宋友桂等,2001)综合研究和区域背景分析认为,鄂尔多斯盆地长期东隆西降运动在中新世晚期停止并发生构造反转和隆拗易位。现今盆地总体西高东低的地势开始出现^⑩。

3 构造属性探讨

鄂尔多斯盆地在中三叠世—中侏罗世湖盆展布范围宽阔,由古生代大华北克拉通内盆地沉积范围向西迁移、逐步收缩演变而来,总体属陆相残延克拉通内叠合盆地(赵重远等,1992)。盆地南部受秦岭碰撞造山的影响,具周缘前陆盆地性质。盆地西缘(部)为广阔的残延克拉通内盆地的组成部分。盆地西缘及西邻后期已剥蚀殆尽或局部有地层残留的地区与整个盆地大同小异;各组段地层之间几乎全为整合及假整合接触,鲜有角度不整合接触关系。

晚侏罗世—早白垩世鄂尔多斯盆地进入陆内拗陷盆地发育阶段,盆地西缘(部)在晚侏罗世发生挤压变形,局部地区始显陆内前陆盆地结构。

新生代以来盆地遭受多种形式的后期改造。在新生代中晚期,受盆地西南六盘山盆地隆升和弧形逆冲-走滑带发育的影响,前期局部出现的陆内前陆盆地结构在盆地西南部进一步发展和扩大。

综上所述可知,鄂尔多斯盆地西缘(部)陆内前陆盆地结构出现较晚。在此结构出现之前,在该区已沉积了多套中古生代海陆相烃源岩。前陆盆地的油气主要来自下伏前期已沉积的烃源岩(杨明慧等, 2000; 刘池洋等, 2002)。这预示该地区油气勘探前景光明。该地区前陆盆地结构的产生,对前期烃源岩保存及其演化、储盖层和圈闭发育、成藏组合等油气藏形成的必需条件均有重要影响和特别意义。

注 释

- ① 刘池阳,任战利,张小会,吴汉宁. 1993. 河西走廊地区区域诸盆地第二次油气资源评价.
- ② 张文昭,郭玮,王顺荣,姚长保. 1956. 鄂尔多斯地台西部石沟驿区三叠纪延长统及早侏罗世延安统综合研究报告.
- ③ 刘池阳,赵红格,王锋. 2003. 鄂尔多斯地块西部前陆盆地形成演化与结构构造特征. 长庆油田分公司科研报告.
- ④ 西安地质学院区调队. 1992. 呼鲁斯太幅、古拉本幅1:5万区域地质调查报告.
- ⑤ 陕西省地质局区域地质调查队. 1985. 陕西的三叠系.

参 考 文 献

- 程守田,黄焱球,付雪洪. 1997. 中侏罗世大鄂尔多斯古地理重建与内陆拗陷的发育演化. 沉积学报, 15(4): 43~49.
- 邓胜徽,厉大亮. 1998. 宁夏六盘山三叠系新知及其意义. 科学通报, 43(4): 425~431.
- 傅智雁,袁效奇. 1998. 宁夏六盘山盆地晚三叠世孢粉组合及其地层意义. 古生物学报, 37(4): 446~454.
- 高山林,李芳,李天斌,吕昌国,陆彦俊. 2003. 汝箕沟晚中生代玄武岩的确定与煤变质作用关系简论. 煤田地质与勘探, 31(3): 8~11.
- 刘池洋. 1987. 渤海湾盆地的构造演化及其特点. 见: 西北大学地质系编. 西北大学地质系成立45周年学术报告会论文集. 西安: 陕西科学技术出版社, 447~458.
- 刘池洋,赵红格,杨兴科,王锋. 2002. 前陆盆地及其确定和研究. 石油与天然气地质, 23(4): 307~314.
- 刘少峰,李思田,庄新国,焦养泉,卢宗盛. 1996. 鄂尔多斯西南缘前陆盆地沉降和沉积过程模拟. 地质学报, 70(1): 12~22.
- 刘绍龙. 1986. 华北地区大型三叠纪原始沉积盆地的存在. 地质学报, 60(2): 128~138.
- 宁夏地质矿产局. 1990. 宁夏回族自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 145~158, 331.
- 彭希龄. 1955. 有关陕北盆地西部边缘的一些构造问题. 地质学报, 35(4): 405~416.
- 宋友桂,方小敏,李吉均,安芷生,苗晓东. 2001. 晚新生代六盘山隆升过程初探. 中国科学, 31(增刊): 142~148.
- 孙肇才. 2002. 中国中西部中-新生代前陆类盆地及其含油气性. 见:

- 中国石油学会石油地质专业委员会编. 油气盆地研究新进展. 北京: 石油工业出版社, 73~95.
- 汤锡元,郭忠铭,陈荷立. 1992. 陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探. 西安: 西北大学出版社, 1~13, 67~99.
- 王贵玲,刘志明,蔺文静. 2004. 鄂尔多斯周缘地质构造对地热资源形成的控制作用. 地质学报, 78(1): 600~611.
- 杨福忠,胡社荣. 2001. 六盘山盆地中、新生代构造演化和油气勘探. 新疆石油地质, 22(3): 192~195.
- 杨俊杰,张伯荣. 1990. 鄂尔多斯盆地西缘掩冲构造带的基本特征. 见: 杨俊杰主编. 鄂尔多斯盆地西缘掩冲带构造与油气. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 91~105.
- 杨明慧,刘池洋. 2000. 中国中西部类前陆盆地特征及含油气性. 石油与天然气地质, 21(1): 46~49.
- 张国伟,张本仁,袁学诚,肖庆辉. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京: 科学出版社, 706~724.
- 张泓,白清昭,张笑薇,高选政. 1995. 鄂尔多斯聚煤盆地形成与演化. 西安: 陕西科学技术出版社, 1~165.
- 张进,马宗晋,任文军. 2004. 鄂尔多斯西缘逆冲褶皱带构造特征及其南北差异的形成机制. 地质学报, 78(5): 600~611.
- 张抗. 1989. 鄂尔多斯断块构造和资源. 西安: 陕西科学技术出版社, 193~221.
- 张文昭. 1959. 鄂尔多斯地台西缘中段地质发展简史及上三叠系延长统的沉积环境. 地质论评, 19(1): 37~40.
- 张云翔,薛祥熙,岳乐平. 1995. 陕西府谷老高川新第三纪“红层”的划分与时代. 地层学杂志, 19(3): 214~219.
- 王双明. 1996. 中国煤田地质总局著: 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价. 北京: 煤炭工业出版社, 1~437.
- 赵重远. 1990. 鄂尔多斯地块西缘演化及其板块应力机制初探. 见: 赵重远,刘池洋等著. 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, 107~114.
- 赵重远,刘池洋. 1990. 华北克拉通中生代区域地质构造及含油气盆地的形成和演化. 见: 赵重远,刘池洋等著. 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, 10~21.
- 赵重远,刘池洋. 1992. 残延克拉通内盆地及其含油气性——以鄂尔多斯盆地和四川盆地为例. 见: 中国地质学会编“七五”地质科技重要成果学术交流会议论文集. 北京: 科学技术出版社, 610~613.

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Ningxia Hui Autonomous Region. 1990. Regional Geology of Ningxia Hui Autonomous Region. Beijing: Geological Publishing House, 145~158, 331.
- Cheng Shoutian, Huang Yanqiu, Fu Xuehong. 1997. Paleogeography Reconstruction of the Early—Middle Jurassic Large Ordos Basin and development and evolution of continental downwarping. Acta Sedimentologica Sinica, 15(4): 43~49.
- Wang Shuangming. 1996. China National Administration of Coal Geology ed. Coal accumulation and coal resource evaluation of Ordos Basin. Beijing: China Coal Industry Publishing House. 1~437.
- DeCelles P G, Giles K A. 1996. Foreland Basin System. Basin Research, 8: 105~103

- Deng Shenghui, Li Daliang. 1998. New found in Triassic strata and its significance in Liupanshan of Ningxia Province. *Science Bulletin*, 43(4):425~431.
- Dickinson W R. 1976. Plate tectonic evolution of sedimentary basins. In: *Plate Tectonic and Hydrocarbon Accumulation*. AAPG Educational Series. 1~63.
- Faulds J E, Varga R J. 1998. The role of accommodate zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes. In: Faulds J E, Stewart J H, eds. *Accommodate zones and transfer zones; segmentation of basin and range province*. Boulder Colorado. Geological Society of American Special, 1~45.
- Fu Zhiyan, Yuan Xiaoqi. 1998. Late Triassic sporopollen assemblage from Liupanshan Basin of Ningxia and their stratigraphical significance. *Acta Palaeontologica Sinica*, 37(4):446~454.
- Gao Shanlin, Li Fang, Li Tianbing, Lü Changguo, Lu Yanjun. 2003. Discussion of the relationship between coal metamorphism and the Late Mesozoic basin in Rujigou Area. *Coal Geology & Exploration*, 31(3): 8~11.
- Liu Chiyang. 1987. Structure evolution and its characteristics of Bohaiwan Basin. In: *Geology Department of Northwest University*. ed. *Dissertation Collection of Academic Report at the Forty-Five Anniversary of the Geology Department in Northwest University*. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing Company, 447~458.
- Liu Chiyang, Zhao Hongge, Yang Xingke, Wang Feng. 2002. Foreland basin and its definition and research. *Oil & Gas Geology*, 23(4):307~314.
- Liu Shaofeng, Li Sitian, Zhuang Xinguo, Jiao Yangquan, Lu Zongsheng. 1996. Modeling of subsidence and sedimentary courses in the foreland basin of southwest margin of Ordos Basin. *Acta Geologica Sinica*, 70(1):12~22.
- Liu Shaolong. 1986. The existence of a large-scale Triassic sedimentary basin in north China. *Acta Geologica Sinica*, 60(2): 128~138.
- Peng Xiling. 1955. Some tectonic problems concerning the western limit of the north-south basin. *Acta Geologica Sinica*, 35(4):405~416.
- Song Yougui, Fang Xiaoming, Li Jijun, An Zhisheng, Miao Xiaodong. 2001. Discussion of the uplifting course of Liupanshan in Late Cenozoic. *Science of China*, 31(supplement): 142~148.
- Sun Zhaocai. 2002. Analogous foreland basins and their petroleum prospect in the middle-west of China in Meso-Cenozoic. In: *Petroleum Speciality Committee of China Petroleum Geology Academy*. Ed. *New Development in the Research in Oil and Gas Basins*. Beijing: Petroleum Industry Publishing Company, 73~95.
- Tang Xiyuan, Guo Zhongming, Chen Heli. 1992. The study and petroleum prospect of thrust nappe in the west margin of Shaanxi-Gansu-Ningxia Basin. Northwest University Press, Xi'an, 1~13, 67~99.
- Wang Guiling, Liu Zhiming, Ling Wenjing. 2004. Tectonic control of geothermal resources in the peripheral of Ordos Basin. *Acta Geologica Sinica*, 78(1):600~611.
- Yang Fuzhong, Hu Sherong. 2001. Tectonic evolution and oil and gas exploration during Mesozoic and Cenozoic in Liupanshan Basin. *Xingjiang Petroleum Geology*, 22(3):192~195.
- Yang Junjie, Zhang Borong. 1990. Characteristics of thrusting structural belt in the western margin of Ordos Basin. In: Yang Junjie, eds. *Thrusting Structure and Oil in the Western Margin of Ordos basin*. Lanzhou: Gansu Science Publishing Company, 91~105.
- Yang Minghui, Liu Chiyang. 2000. Characteristics of Quasi-foreland basins in western-central China and their oil and gas potential. *Oil & Gas Geology*, 21(1): 46~49.
- Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng, Xiao Qinghui. 2001. *Qinling Orogen and Continental Dynamics*. Beijing: Science Press. 706~724.
- Zhang Hong, Bai Qingzhao, Zhang Xiaowei, Gao Xuanzheng. 1995. Formation and evolution of the Ordos coal-forming Basin. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing House, 1~165.
- Zhang Jin, Ma Zongjin, Ren Wenjun. 2004. Tectonic characteristics of the western Ordos thrust-fold belt and the causes for its north-south segment. *Acta Geologica Sinica*, 78(5):600~611.
- Zhang Kang. 1989. Ordos Fault-Block Structure and Its Resource. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing House. 193~221.
- Zhang Wenzhao. 1959. Geological history of the middle western border of the Ordos Platform and sedimentary environment of upper Yanchang Formation of Triassic. *Geological Review*, 19(1): 37~40.
- Zhang Yunxiang, Xue Xiangxu, Yue Leping. 1995. Age and division of Neogene "Red Bed" of Laogaochuan, Fugu County, Shaanxi. *Journal of Stratigraphy*, 19(3): 214~219.
- Zhao Zhongyuan. 1990. Plate tectonic evolution and its mechanism in the western border of the Ordos Block. In: Zhao Zhongyuan ed. *The Formation and Evolution of the Sedimentary Basins and Their Hydrocarbon Occurrence in the North China Craton*. Northwest University Press, Xi'an, 107~114.
- Zhao Zhongyuan, Liu Chiyang. 1990. Meso-Cenozoic tectonics and petroliferous basins in the North China Craton and Their formation and evolution. In: Zhao Zhongyuan, Liu Chiyang ed. *The Formation and Evolution of the Sedimentary Basins and their Hydrocarbon Occurrence in the North China Craton*. Xi'an: Northwest University Press, 10~21.
- Zhao Zhongyuan, Liu Chiyang. 1992. Basins in the residual Craton and their petroleum prospect-example with Ordos Basin and Sichuan Basin. In: China Geology Academy ed. *Dissertation Anthology at the Academic Communion Conference in "Seven-Five" Geology Technological Important Fruits*. Beijing: Science and Technology Publishing Company, 610~613.

Attributes of the Mesozoic Structure on the West Margin of the Ordos Basin

LIU Chiyang, ZHAO Hongge, WANG Feng, CHEN Hong

Institute of Oil and Gas Bearing Basin, Northwest University, Xi'an, 710069

Abstract

Many geologists and scholars in mineral deposits have paid attention to the west margin of the Ordos basin for a long time because of its special tectonic location, complex structure features, active neotectonic movement and favorable mineral occurrence conditions. Different discussions and researches have been done from many aspects on the regional geological structural characteristics and attributes of the study area and have proposed various views. In recent years, a few researchers have been assured that the Mesozoic Ordos basin is a foreland basin. The geodynamic environment in which foreland basin is developed is rather limited both temporally and spatially in the geological history. The west Ordos basin is located at the conjunction of several geotectonic parts with various structure features in different places and complicate evolution processes. Through comprehensive researches on regional background, basin-range relationship, prototype basin geomorphology, sedimentary response, structural characteristics, evolution process, time of development and later reformation based on exploration data up to date and testing results, it is concluded in the paper that the west Ordos basin in the Mesozoic was not a foreland basin on the whole, but one part of the basin in the huge residual and continuous craton. Only in a finite period and a local area (belt) in or after the late age of the basin development since the Late Jurassic has the west Ordos basin had combination section features similar to the structures of foreland basins.

Key words: west area (margin) of the Ordos basin; structural attribute; basin in the residual and continuous craton; foreland basin; basin-range coupling; regional structure