

文章编号: 0253-9985(2006)02-0159-08

鄂尔多斯盆地中侏罗世直罗—安定期沉积构造特征

赵俊峰, 刘池洋, 喻林, 梁积伟, 黄雷

(西北大学, 陕西 西安 710069)

摘要: 中侏罗世直罗—安定期伴随大华北盆地分化瓦解, 直罗—安定组除在鄂尔多斯盆地呈整体分布外, 在其周邻地区亦有大量零星分布的同期可对比地层。在现今盆地内, 直罗组主要为河流相沉积; 安定组以干旱气候条件下的河流、湖泊相沉积为主。直罗—安定组的湖相沉积主要位于盆地东南部的古沉积中心部位, 其堆积中心位于盆地西部的乌海—鄂托克前旗—平凉一线, 堆积中心与沉积中心偏离。直罗组沉积前古构造格局为南高北低、东高西低。直罗—安定期的古地质面貌呈西北高东南低特点, 南、北分异表现甚微。结合周邻同期地层岩性、岩相和现今构造单元形成时限等综合分析, 认为直罗—安定期原始盆地的边界大致为: 西在贺兰山之西, 东达吕梁山之东、太行山以西, 北抵大青山, 南至秦岭。

关键词: 沉积相; 古地质构造; 直罗—安定期; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE111.1 **文献标识码:** A

Sedimentary tectonic features of Ordos basin in Middle Jurassic Zhiluo-Anding stages

Zhao Junfeng Liu Chiyang Yu Lin Liang Jiwei Huang Lei

(Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069)

Abstract Along with the breakup of Grand North China basin in Middle Jurassic Zhiluo-Anding ages, the Zhiluo-Anding Fms were relatively completely preserved in Ordos basin, with many scattered and contemporaneously correlated strata occurring in adjacent areas. In present Ordos basin, the Zhiluo Formation is dominated by fluvial deposits, while the Anding Formation is dominated by fluvial and lacustrine sediments deposited in arid climate. The lacustrine sediments in Zhiluo-Anding Fms were mainly deposited in the palaeo-depocenter in the southeastern part of the basin, while its accumulation center was located along Wuhaier-Otog-Olangzi-Pingliang in the western part of the basin, deviating from the depocenter. The palaeotectonic framework prior to deposition of Zhiluo Fm was characterized by being high in the south and low in the north, as well as high in the east and low in the west. The palaeogeologic features in Zhiluo-Anding ages were characterized by being high in the northwest and low in the southeast, with very slight south-north differentiation. Based on comprehensive analyses of the lithology and lithofacies of equivalent layers and the timing of present tectonic units in the adjacent areas, it is believed that the primary basin in Zhiluo-Anding ages extended to the west of Helan mountain in the west, reached somewhere between east of Luliang mountain and west of Taihang mountain in the east, and was bounded by Daqing mountain in the north and Qinling mountain in the south.

Key words sedimentary facies; palaeo-geologic structure; Zhiluo-Anding ages; Ordos basin

收稿日期: 2005-12-30

第一作者简介: 赵俊峰 (1975—), 男, 工程师 (博士生), 石油地质

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2003CB214607); 长江学者和创新团队发展计划资助项目 (RT0559)

中侏罗世直罗—安定期是鄂尔多斯盆地发展演化的重要阶段,为油气、煤等矿产形成转化的主要时期。近年在直罗组中已发现特大型砂岩型铀矿床和多处铀矿(异常)点。

研究盆地直罗—安定期(期)沉积环境和古地质构造特征,探讨该期盆地原始沉积范围有重要意义。

1 残存地层的分布及特征

受后期强烈而不均匀剥蚀改造的影响,鄂尔多斯盆地中侏罗世直罗—安定期地层的分布和厚

度均发生了较大改观:在现今盆地本部,直罗—安定期呈大范围整体分布;在盆地周邻地区,同期可对比地层^[1-5]总体分布零星(表 1,图 1)。

1.1 现今盆地大范围整体分布区

1.1.1 直罗组

在现今盆地大范围整体分布区内,选取了具代表性的 310 口井和部分露头剖面的数据,编制了直罗组等厚图(图 2)。现今直罗组厚度约 150~400 m,仅在鄂托克前旗与苏里格庙间的小范围内

表 1 鄂尔多斯盆地及周邻地区侏罗纪地层对比表^[1-4 6]

Table 1 Correlation of Jurassic strata in Ordos basin and adjacent areas

系	统	阶	阿拉善地区	本部	山西大同	河南济源	河南义马	阴山地区	燕山地区
侏罗系	上统	Tithonian							辛庄组
		Kimmeridgian						白女羊组	大灰厂组
		Oxfordian	沙枣河	芬芳河组				大青山群	东岭台组
	中统	Calloviaian	青上井群	安定组	天池河组				后城组
		Bathonian		直罗组	云岗组	马凹组	东孟村组	长汉沟组	髻髻山组
		Bajocian		延安组	大同组	杨树庄组	义马组	召沟组	九龙山组
		Aalenian						石拐群	
	下统	Toarcian	大山口群	富县组	永定庄组	鞞腰组		五当沟组	下花园组
		Pliensbachian							
		Sinemurian							南大岭组
		Hettangian							杏石口组

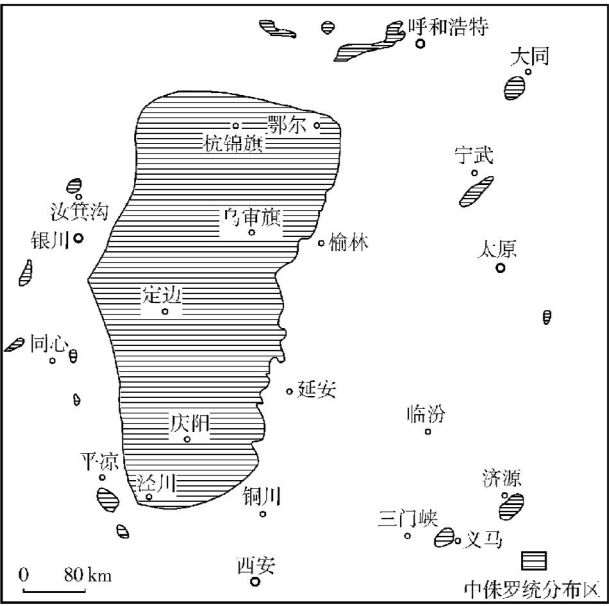


图 1 鄂尔多斯盆地及邻区中侏罗世地层分布图

Fig. 1 Map showing distribution of Middle Jurassic in Ordos basin and adjacent areas

厚度可达 500 m,为区内厚度最大的堆积中心。在乌海、镇原西北有两个厚度逾 400 m 的堆积中心。这 3 个堆积中心构成了盆地西部自乌海经鄂托克前旗到平凉一线近南北向展布的厚达 400 m 的较厚带(堆积中心)。在此带以西,厚度渐薄,至平罗一带约为 200 m;沿此带向东,厚度总体依次减薄。厚度小于 150 m 的地区有杭锦旗、榆林西、靖边、延安西和正宁等。

直罗组与富县、延安组的厚度展布趋势^①虽较相似,等值线均呈南北向带状分布,具西厚东薄特点。但与延长组厚度呈东西向展布、南厚北薄的格局完全不同。说明直罗期与延长期相比,盆地动力学背景已发生了变化。

1.1.2 安定组

据 330 口钻井和部分露头数据编绘的安定组

① 刘池阳. 鄂尔多斯盆地中新生代沉积体系及构造演化研究. 2005

1.2.3 东部地区

豫西济源直罗—安定组与同时代的马凹组厚 233 m, 底部为 9 m 厚的中厚层砾岩夹中砂岩, 中上部分别为砂岩、页岩夹砂岩及泥灰岩。在义马, 同期地层东孟村组厚达 200 余米, 以砂砾岩为主, 冲积扇—辫状河砾质沉积发育, 具沉积边缘相特征。

在山西宁武—静乐地区, 与直罗组同期的云岗组厚 127~191 m, 底部为含砾长石石英砂岩, 为河湖相沉积。与安定组同期的天池河组下部以三角洲、湖滨浅滩砂岩相为主, 古流向西南; 上部为巨型交错层理风成砂岩组成的滨岸砂丘沉积, 显示为盆地边缘相。

大同云岗组的云岗组厚 265 m, 底部含薄煤层, 中上部发育多套含砾粗砂岩或粗—巨粒长石石英杂砂岩, 古流向总体向西南和南。大同地区云岗组向北变粗, 具边缘相特征。

晋中太谷、祁县、榆社及武乡一带零星分布的“黑峰组”, 其岩性、岩相及生物地层特征与晋西北云岗组可对比, 底部为小于 5 m 的砾岩或含巨砾石英砂岩, 之上以厚层—巨厚层含砾中粗粒—巨粒砂岩为主, 砾石成分为石英岩、石英砂岩、脉石英及少量变质岩、灰岩等, 具明显的边缘相特征; 上部为砂质页岩、页岩。

据较粗略的恢复, 大致在太行山以东的华北东部, 早中侏罗世可能存在 10 多个中小型拗陷盆地^[7], 但其岩性以火山岩为主, 难与西部地区对比。

1.2.4 北部地区

在内蒙古包头石拐矿区等地, 与直罗组、安定组同期地层为长汉沟组, 厚 180~404 m。在石拐古城塔剖面, 该组厚 181 m, 夹 3 层灰色、灰黄色砾岩及砾质砂岩, 累计厚 34 m。砾石成分以石英岩及片麻岩为主, 砾径一般小于 4 cm。其余岩性为砂岩、砂质页岩、淡水灰岩等。

2 沉积环境

鉴于直罗组、安定组地层划分、对比工作相对薄弱, 现今盆地范围内沉积相以组为单位进行讨论和区域编图。

2.1 直罗期

直罗组岩性比较单调, 电性特征稳定。根据岩性一般可细分为两个旋回^[8,9]。下旋回下部为中粗粒长石砂岩, 习称“七里镇砂岩”; 上部为泥岩、粉砂质泥岩与粉砂岩互层。上旋回下部为中细粒长石砂岩, 习称“高桥砂岩”; 上部为杂色泥岩、粉砂质泥岩与粉砂岩互层。在盆地西缘已发现油气藏的地区, 地层划分较细, 直罗组自上而下分为直₁—直₄ 4 个岩性段。

通过全盆地 216 口钻井或测井资料和 10 余处野外露头剖面沉积相的分析, 结合前人研究, 编制了直罗组沉积相图(图 4)。

直罗组在现今盆地范围内主要发育河流相, 砂地比值变化幅度一般为 13%~70%。在现今盆地边部, 除环县以西比值较小外, 一般大于 50%。在盆地东南部的西杏子河—吴旗—华池—宜君西包络范围内, 砂地比值小于 30%, 以浅湖相沉积为主, 为盆地古沉积中心的一部分。

直罗期早期以辫状河沉积为主, 中晚期以曲流河和交织河沉积为主, 河漫湖广布, 反映了基底起伏由陡变缓, 盆地逐渐充填淤积的过程。直罗

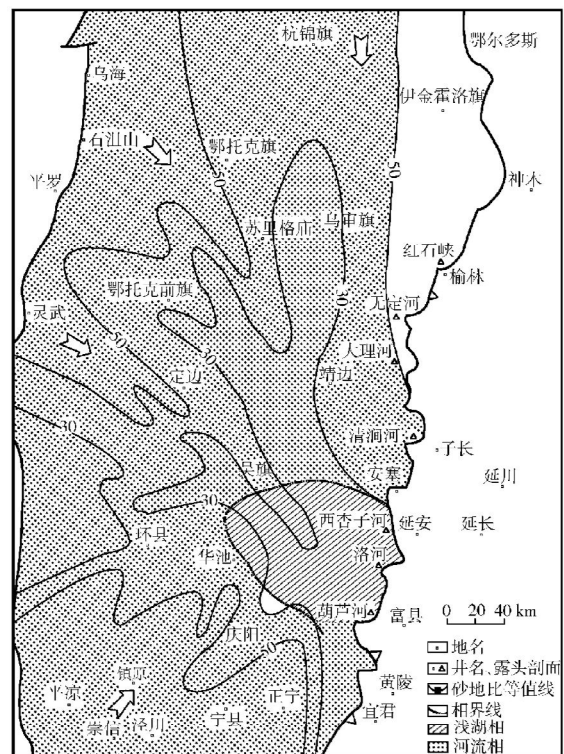


图 4 鄂尔多斯盆地直罗期沉积相图

Fig. 4 Map showing distribution of sedimentary facies in Zhiluo age in Ordos basin

期沉积时水体总体较浅, 气候较延安期干旱, 碎屑物供应有限, 三角洲不发育, 沉积相带的展布反映为稳定构造环境下的沉积。

根据古流向测定, 盆地中、北部的水流方向为由北向南或南东方向^{[10]①}。盆地东部地区无定河至沮水的直罗组砂岩成分显示, 石英含量由北而南增高, 长石及岩屑含量减少, 表明古水流向由北而南。直罗期的湖盆范围在现今盆地东南部, 直达剥蚀边界。在现今盆地周缘均未见边缘相, 表明后期改造对盆地周缘影响广泛, 原始沉积盆地要远大于现今残留盆地的范围。

2.2 安定期

在现今盆地内, 安定组可分为 3 个岩性段, 但各段的岩性和保存程度因地而异。在盆地东部, 如延安西杏子河剖面, 安定组下部主要为黑色页岩、油页岩及少量的灰质泥云岩、白云质泥灰岩等; 中部为页岩、泥岩及钙质粉砂岩; 上部为泥云岩及泥灰岩与钙质页岩的互层。在西部吴旗地区, 自下而上可分为砂泥岩段、泥灰岩段和泥岩段。

通过 202 口井的砂地比值的统计, 结合钻井和露头剖面沉积相分析, 编制了安定组沉积相图 (图 5)。与直罗组相比, 安定组砂地比值降低, 一般小于 50%, 大于 50% 的井仅分布在现今盆地边缘。

在现今盆地范围内, 安定组的湖相沉积区域较直罗组明显扩大, 在靖边—环县—庆阳—宜君西一线以东广大地区, 形成了一个内流湖泊, 中心部位为较深湖相沉积。安定期内流湖既与延安期的外流湖不同, 也与直罗期半干旱气候下的河湖有别。该内流湖早期以黑色页岩、油页岩、杂色及红色砂页岩沉积为主; 中期可达较深湖泊相; 晚期以碳酸盐岩及硅质岩为主。因气候炎热干燥, 湖水几度矿化形成白云质岩石。安定期内流湖泊的轮廓也只保留了西半部分。根据西杏子河、无定河等露头剖面分析, 安定早期在滨湖地带发育有三角洲, 但由于碎屑物供应有限, 三角洲规模不大。碳酸盐岩在浅湖中的广泛发育, 也是这种情况的佐证。根据古流向测定^①, 安定期的古流向与延安、直罗期具有较强的继承性, 表现为由现今残留盆地的西北部、北部和南部向东南部汇聚的特点。

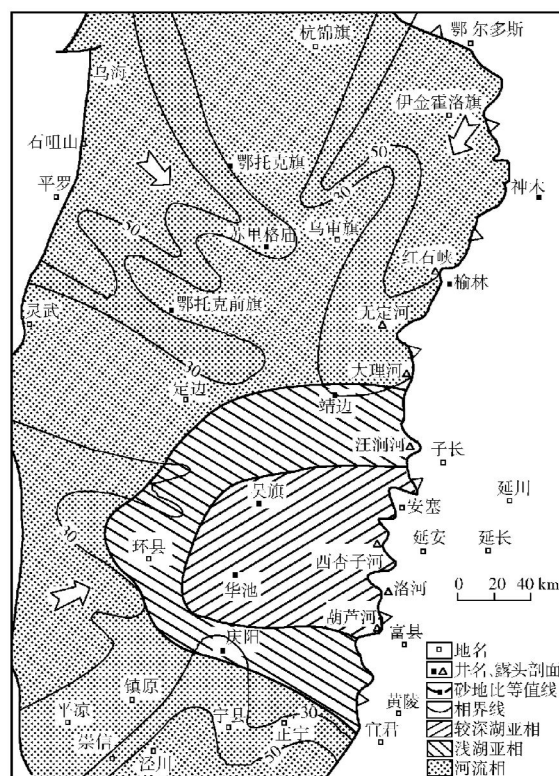


图 5 鄂尔多斯盆地安定期沉积相图

Fig. 5 Map showing distribution of sedimentary facies in Anding age in Ordos basin

3 古沉积构造面貌

针对大型内陆拗陷型盆地的发育特点, 通过古地质图、沉积相图和地层厚度图的编制和分析, 探讨直罗—安定期盆地发育过程中的古沉积构造格局。

确定原始盆地的沉积边界是厘定盆地属性、揭示其改造过程等的重要基础^[11-12]。关于侏罗纪原始盆地范围, 前人已有较多深入探讨, 多数学者主张存在统一的早中侏罗世原始大型沉积盆地^[13-14-19]。以往多侧重于从中、下侏罗统煤系地层对比或区域构造演化的角度探讨原始盆地边界, 本文试图通过分析直罗—安定同期地层的岩性岩相特征并结合周邻现今构造单元的形成时限来加深对该期原始盆地的认识。

3.1 直罗组沉积前

直罗组与延安组的接触关系以平行不整合为主, 局部 (如盆地南部边缘) 为角度不整合。为考

① 陕西省地质局石油普查队, 陕甘宁盆地侏罗系岩相古地理研究, 1974

察直罗组沉积前的古地质构造面貌,编制了直罗组沉积前古地质图(图 6)。此次采用延安组 4 分的习惯,分层编制的古地质图,与主要依据煤田将延安组 5 分方案编绘的延安组改造程度图^[20]所反映的趋势基本一致。

在直罗组沉积前,下伏地层主要为延安组的四段、三段、二段、一段及上三叠统延长组,总体表现为由北向南、由西向东地层时代变老(图 6),显示出南高北低、东高西低的古构造面貌。这与侏罗纪沉积前下伏延长组北部地层时代新、(西)南部地层时代老,反映延长组沉积后盆地(西)南部抬升高、剥蚀强的特征明显不同。两个时期盆地的南北向差异隆升及剥蚀,应与秦岭造山带(及特提斯构造带)的构造活动有关。而延安组残留地层北厚南薄、西厚东薄的趋势^①和直罗组沉积前东高西低、东西分异古构造格局的形成,应是受东部滨太平洋构造域活动的影响。

3.2 直罗—安定期

在现今盆地范围内,直罗组与安定组以整合接

触为主,局部为假整合接触。大量声波测井资料表明,直罗组与安定组在泥岩压实曲线上无明显突变,表现出统一的压实特征。综合分析认为,在安定组沉积前,直罗组被剥蚀的厚度不大,且以整体性抬升剥蚀为主,因而其残留厚度结合沉积环境,可近似反映直罗期的古地质面貌。

由前述直罗期岩相古地理面貌总体为西高东低,沉积中心在现今盆地东南部,水体流向盆地东南延安—富县之西一带。地层厚度(图 2)反映的古地质面貌亦呈明显的东西分异,南北分异表现甚微。西部乌海—鄂托克前旗—平凉一线南北向较厚带,前人多将其看作该期盆地的沉降中心(或沉降轴)。刘池洋^[21]曾指出,盆地的沉降中心(沉降最深地区)与堆积中心(沉积物充填最厚地区)和沉积中心(最细沉积物分布区,即中心沉积相发育区)“在成因上密切相关,在位置上互有联系,但其概念和地质意义仍有区别。三者不能简单替代。”本文认为,直罗期盆地西部的地层较厚带,由于距原盆地西缘和物源区较近,沉积物供给充分,故堆积厚度大。可代表该期盆地的堆积中心,并非沉降幅度较大所致,并不能代表盆地的沉降中心。直罗期,盆地的沉积中心位于现今盆地的东南,与盆地的堆积中心位置不相符合。从鄂尔多斯盆地中晚三叠世—侏罗纪原盆地的演化和大型克拉通盆地的结构特点来看,位于现今盆地东南部的沉积中心可作为原盆地的沉降中心。

安定组沉积后发生的燕山运动,使安定组在盆地大部分地区与白垩系呈不整合接触,局部地区与芬芳河组接触,甚至在南部可见直罗组与白垩系接触。对于经历多期改造和早白垩世深埋压实的安定组而言,厚度恢复方法局限且结果可靠性低。但安定组残留地层厚度变化规律性明显,对探讨安定期古沉积构造仍有一定参考意义。

安定组的沉积相、古流向(图 5)和地层厚度(图 3)所显示的该期古地质格局,与直罗期具有一定继承性:总体依然为地层西厚东薄;湖盆在现今盆地东南,但湖区范围明显扩大,水体流向东南;地貌呈西北高东南低。与直罗期相比,安定期地层厚度变化较小,西部厚度相对较大的堆

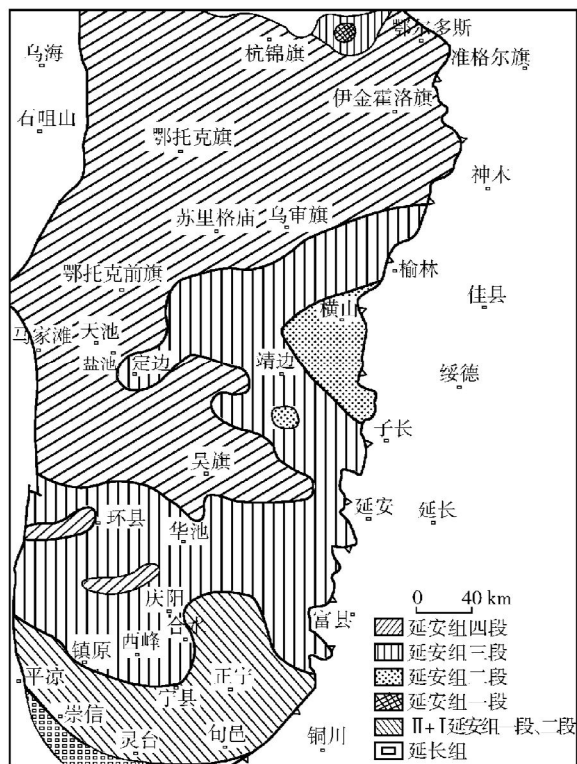


图 6 鄂尔多斯盆地直罗组沉积前古地质图

Fig. 6 Paleogeologic map before deposition of Zhiluo Fm in Ordos basin

① 刘池阳. 鄂尔多斯地块西部前陆盆地形成演化与结构构造特征. 2003

② 刘池洋. 沉积中心、堆积中心和沉降中心. 1990

积中心范围很小,表明在直罗期填平补齐式沉积后,盆地内外的古地貌高差已大为缩小,地貌起伏趋于平缓,西部的物源供给有所减少。在沉积环境(图4、5)上,直罗期以广泛发育河流及河湖相沉积为主,而到安定期则碳酸盐岩湖相沉积明显扩大,亦可作为盆地结构格局演化和沉积环境变迁的佐证。

3.3 原始沉积边界探讨

直罗、安定组沉积之后,受燕山中、晚期和喜马拉雅期不同性质构造运动的改造作用,致使盆地本部残留地层厚度的分布、沉积相带呈现向东开口、沉积体系不完整等特点,充分说明直罗、安定组残留范围大大缩小。由现今盆地周邻残存地层的岩性、岩相分析不难发现,在盆地西部的汝箕沟、阿拉善左旗科学山,盆地西南部的陇县窑厂,盆地东部的济源、义马、宁武—静乐和大同等地以及盆地北部的石拐矿区,直罗、安定组均不同程度地表现出较明显的沉积边缘相特征,古流向亦多指向现今盆地东南及其以东的湖泊区。周邻地区直罗、安定组或同期沉积与盆地本部直罗、安定组在岩性、岩相特征上的可比性,体现出良好的渐变过渡关系。

根据前人研究^[22, 23],盆地南部秦岭造山带的主造山期在晚三叠世;北部阴山—兴蒙是海西褶皱带;西缘大规模逆冲作用发生在晚侏罗—早白垩世;贺兰山中可见奥陶系逆冲推覆于上三叠统一中侏罗统之上;吕梁山是在晚侏罗世晚期—白垩纪初发生的由燕山造山运动由隆起的,周缘

4 结论

受后期改造影响,直罗—安定组在现今盆地本部呈大范围整体分布;在盆地周邻地区亦有同期可对比地层零星分布。在现今盆地范围内,直罗组主要发育河流相;安定组以发育干旱气候条件下的河流、湖泊相为主。直罗组沉积前古构造格局为南高北低、东高西低。直罗—安定期的古地质面貌呈西北高东南低的特点,南北分异表现甚微;当时盆地的堆积中心和沉积中心在位置上不一致,后者代表了盆地的沉降中心。直罗—安定期原始盆地的边界大致为:西在贺兰山之西,东达吕梁山之东、太行山以西,北抵大青山,南至秦岭。

参考文献

- 1 内蒙古地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1991
Bureau of Geology and Mineral Resources of Inner Mongolia Autonomous Region. Regional geology in Inner Mongolia Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991
- 2 宁夏地质矿产局. 宁夏回族自治区区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1990
Bureau of Geology and Mineral Resources of Ningxia Hui Autonomous Region. Regional geology in Ningxia Hui Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990
- 3 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1989
Bureau of Geology and Mineral Resources of Shanxi province. Regional geology in Shanxi Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989

垩世,鄂尔多斯盆地中生代发育期内,基底往复升降,沉积东界不断西移,堆积、沉积和沉降中心趋向一致,盆地范围渐次收缩,此乃是宏大而漫长变迁过程中的一个片段记录。

- 4 杜旭东,李洪革,陆克政,等. 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 [J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(4): 5~9

- Du Xudong, Li Hongge, Lu Kezheng et al. Distribution of prototype basins in Huabei platform and its neighboring region and discussion of basin formation model [J]. *Petroleum Exploration & Development* 1999, 26(4): 5-9
- 8 长庆油田地质志编写组. 中国石油地质志 (卷十二) ——长庆油田 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1992 40~102
- Editorial Committee of Petroleum Geology of Changqing Oil Field. *Petroleum geology of China (Vol 12): Changqing oil field* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992 40~102
- 9 何自新, 杨华, 费安琪, 等. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003 88~124
- He Zixin, Yang Hua, Fei Anqi et al. *Evolution history and hydrocarbon of Ordos basin* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003 88~124
- 10 张抗. 鄂尔多斯断块构造和资源 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1989 193~250
- Zhang Kang. *Tectonics and resources of Ordos fault-block* [M]. Xi'an: Shaanxi Scientific Technology Press, 1989 193~250
- 11 刘池洋, 杨兴科. 改造盆地研究和油气评价的思路 [J]. *石油与天然气地质*, 2000 21(1): 11~14
- Liu Chiyang, Yang Xingke. Thinking for researches and oil-gas assessment of reformed basins [J]. *Oil & Gas Geology*, 2000 21(1): 11~14
- 12 刘池洋. 盆地动态演化研究的基础: 原始盆地恢复——以柴达木盆地为例 [A]. 见: 赵重远, 刘池洋, 姚远. 含油气盆地地质学研究进展 [C]. 西安: 西北大学出版社, 1993 26~32
- Liu Chiyang. Foundation of the study of the dynamic evolution of basins reconstruction of original basin— with special reference to the Qaidam basin [A]. In: Zhao Zhongyuan, Liu Chiyang, Yao Yuan. *Developments in oil and gas basin Geology* [C]. Xi'an: Northwest University Press, 1993 26~32
- 13 程守田, 黄焱球, 付雪洪. 早中侏罗世大鄂尔多斯古地理重建与内陆拗陷的发育演化 [J]. *沉积学报*, 1997, 15(4): 43~49
- Cheng Shoutian, Huang Yanqiu, Fu Xuehong. Paleogeography reconstruction of the Early-Middle Jurassic Large Ordos basin and development and evolution of continental downwarping [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 1997, (15): 43~49
- 14 叶连俊. 华北地台沉积建造 [M]. 北京: 科学出版社, 1983 1~10
- Ye Lianjun. *Sedimentary formation of North China platform* [M]. Beijing: Science Press, 1983 1~10
- 15 张抗. 华北断块区中生代大型沉积盆地的发育特征 [J]. *石油与天然气地质*, 1983 4(2): 202~208
- Zhang Kang. The evolution properties of a large Mesozoic sedimentary basin in North China fault-block region [J]. *Oil & Gas Geology*, 1983 4(2): 202~208
- 16 孙国凡, 刘景平, 刘克琪, 等. 华北中生代大型沉积盆地的发育及其地球动力学背景 [J]. *石油与天然气地质*, 1985 6(3): 280~286
- Sun Guofan, Liu Jingping, Liu Keqi et al. *Evolution of a major Mesozoic continental basin within Huabei plate and its geodynamic setting* [J]. *Oil & Gas Geology*, 1985 6(3): 280~286
- 17 李思田, 程守田, 杨士恭, 等. 鄂尔多斯盆地东北层序地层及沉积体系分析 [M]. 北京: 地质出版社, 1992 1~12
- Li Sitian, Cheng Shoutian, Yang Shigong et al. *Analysis of sequence stratigraphy and sedimentary system in northeastern Ordos basin* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992 1~12
- 18 刘池洋, 赵红格, 王锋, 等. 鄂尔多斯盆地西缘 (部) 中生代构造属性 [J]. *地质学报*, 2005 79(6): 737~747
- Liu Chiyang, Zhao Hongge, Wang Feng et al. Mesozoic structural attribute in the west (margin) of Ordos basin [J]. *Acta Geologica Sinica* 2005 79(6): 737~747
- 19 赵重远. 鄂尔多斯盆地的演化历史、形成机制和含油气有利地区 [A]. 见: 赵重远, 刘池洋, 姚远. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存 [C]. 西安: 西北大学出版社, 1990 93~103
- Zhao Zhongyuan. History of structural evolution, mechanism of formation, and the possible petroliferous area of the Ordos basin [A]. In: Zhao Zhongyuan, Liu Chiyang, Yao Yuan. *The formation and evolution of the sedimentary basins and their hydrocarbon occurrence in the North China craton* [C]. Xi'an: Northwest University Press, 1990a 93~103
- 20 王双明. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996 1~437
- Wang Shuangming. *Coal accumulation and coal resource evaluation of Ordos basin* [M]. Beijing: China Coal Industry Press, 1996 1~437
- 21 刘池洋. 含油气盆地沉积-沉降中心迁移的形成机制探讨 [A]. 见: 王宜林. 第五届全国沉积学及岩相古地理学学术会议论文集 [C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1997 275~278
- Liu Chiyang. Discussion of the forming mechanism of deposition-subsidence centers of petroliferous basin [A]. In: Wang Yilin. *Symposium of the 5th National Session on Sedimentology and Lithofacies Palaeogeography* [C]. Urumqi: Xinjiang Science Technology and Hygiene Press, 1997 275~278
- 22 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 等. 从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明 [M]. 北京: 地质出版社, 1999
- Ren Jishun, Wang Zuoxun, Chen Bingwei et al. *Viewing the geotectonics of China from global—a brief explanation to geotectonics charts of China and its neighbouring areas* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999
- 23 赵重远, 刘池洋. 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 [A]. 见: 赵重远, 刘池洋, 姚远. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存 [C]. 西安: 西北大学出版社, 1990 10~21
- Zhao Zhongyuan, Liu Chiyang. Mesozoic tectonics and petroliferous basins in the North China craton and their formation and evolution [A]. In: Zhao Zhongyuan, Liu Chiyang, Yao Yuan. *The formation and evolution of the sedimentary basins and their hydrocarbon occurrence in the North China craton* [C]. Xi'an: Northwest University Press, 1990 10~21