

文章编号: 1671-1505 (2008) 01-0001-11

# 鄂尔多斯盆地侏罗纪—白垩纪 原始面貌与古地理演化

张 泓 晋香兰 李贵红 杨志远 张 慧 贾建称

煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西西安 710054

**摘 要** 鄂尔多斯盆地位于华北地台西部。在详细分析地层接触关系、构造界面特征、地层发育特征和连续性、盆地沉积与周边构造的关系、物源区性质、沉积体系配置与相分布、古水流样式等各种要素的基础上, 重建了鄂尔多斯盆地侏罗纪至白垩纪的原始面貌, 并将其演化划分为 4 个阶段。其中, 第一阶段 (早侏罗世至中侏罗世早期) 和第二阶段 (中侏罗世 *Bathonian*—*Callovian* 期) 沉积盆地的范围和沉积体系的配置关系大体类似, 两者最为重要的区别是前者有聚煤作用发生, 后者没有煤层发育, 其原因是古气候变化造成的; 第三阶段 (晚侏罗世) 盆地收缩至桌子山—石沟驿—六盘山一线东侧; 第四阶段 (早白垩世) 盆地的范围有所扩大, 但东界可能被限制于现今的吕梁山以西。

**关键词** 鄂尔多斯盆地 侏罗纪—白垩纪 原型盆地 沉积体系 古地理演化

**第一作者简介** 张泓, 男, 1941 年生, 河南南阳人, 煤炭科学研究总院西安研究院研究员, 博士生导师。主要从事煤田地质学、煤层气地质学、古植物学与陆相地层学研究。通讯地址: 西安市雁塔北路 52 号, 煤炭科学研究总院西安研究院; 邮编: 710054; *E-mail*: zh1008@pub.xaonline.com。

中图分类号: P531 文献标识码: A

## Original features and palaeogeographic evolution during the Jurassic-Cretaceous in Ordos Basin

Zhang Hong Jin Xianglan Li Guihong Yang Zhiyuan Zhang Hui Jia Jiancheng

*Institute of Geology, Xi'an Branch, China Coal Research Institute (CCRI), Xi'an 710054, Shaanxi*

**Abstract** The Ordos Basin is located in the western part of the North China Platform. Based on the detailed analyses of different elements, such as the contact characteristics of the strata, characteristics of structural boundaries, stratigraphic development characteristics and continuity, relationships between depositional basin and its neighboring tectonic units, properties of the provenance area, sedimentary systems and facies distribution, palaeocurrent patterns, *etc.*, the original features from the Jurassic to the Cretaceous in the Ordos Basin are reconstructed. The evolution of the basin can be divided into four stages. During the first stage (from the Early Jurassic to the early Middle Jurassic) and the second stage (the *Bathonian*-*Callovian* of the Middle Jurassic), the basin extent and the sedimentary system distribution were similar. The most important difference between the two stages is that coal accumulation occurred in the first stage while it did not exist in the latter, which is attributed to the palaeoclimate change. The basin shrank

\*国家重点基础研究规划 (973 计划) 项目 (项目编号: 2003CB214602; 2006CB202202; 2006CB202208; 2002CB211703)

收稿日期: 2007-05-10 改回日期: 2007-09-26

and was present only to the east of the Zhuozishan-Shigouyi-Liupanshan Mountains during the third stage (Late Jurassic) of the basin evolution. In the fourth stage of the basin evolution (Early Cretaceous), the basin expanded slightly, and its eastern boundary maybe extend to the west of the present Liangshan Mountain.

**Key words** Ordos Basin, Jurassic-Cretaceous, original basin, sedimentary system, palaeogeographic evolution

**About the first author** Zhang Hong, born in 1941, graduated as a postgraduate from Department of Geology, Lanzhou University, and is currently a research fellow at the Institute of Geology, Xi'an Branch, China Coal Research Institute (CCR I). He is mainly engaged in coal geology, coalbed methane (CBM) geology, palaeobotany and palaeogeography. Address: No. 52 Northern Yanta Road, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China. E-mail: zh1008@pub.xaonline.com.

## 1 前言

鄂尔多斯盆地是我国最为重要的大型多种能源盆地,其中赋存有丰富的煤、煤层气、石油和天然气资源,最近还发现了可地浸砂岩型铀矿(陈法正, 2002)。该盆地发育巨厚的显生宙地层,根据地层间接触关系、构造运动界面特征,可将其分为早古生代(克拉通浅海盆地阶段)、晚古生代—三叠纪(泛华北沉积盆地阶段)、侏罗纪—早白垩世(鄂尔多斯盆地形成演化阶段)3个构造演化阶段。古生代—三叠纪的沉积—构造演化表明,研究区作为华北地台的一个稳定地壳块体(鄂尔多斯地块),其性质未发生根本改变,本身没有构成独立的沉积盆地,而是属于华北地台之上内克拉通沉积盆地的一部分。华南板块在三叠纪与华北板块拼合,后者进入板内构造体制阶段,泛华北沉积盆地萎缩、解体之后,才出现了鄂尔多斯盆地。从这个意义上说,鄂尔多斯盆地是印支运动后的多旋回叠合盆地(任纪舜等, 1997)。了解盆地的原始面貌和古地理演化,不仅对于认识和确定不同构造阶段的盆地属性(类型)有重要的理论意义,而且对于探讨煤、煤层气、石油和铀矿资源的赋存和分布规律也有实用价值。

有关鄂尔多斯盆地在燕山运动不同构造阶段的原始面貌,争论颇多。20世纪80年代,我国学者在重建鄂尔多斯盆地的古地理面貌时,将其边界限定于贺兰山—六盘山以东,吕梁山以西(王鸿祯, 1985)。根据大量实地调查和详细的古地理分析成果,张泓等(1995)指出,鄂尔多斯盆地在早、中侏罗世的东部边界应位于山西大同、宁武、太原与河南济源、义马一线;这一认识被我国部分煤田

地质学者(中国煤田地质局, 1996; 中国煤田地质总局, 2001)采纳。最近,部分石油地质学家(翟光明等, 2002)认为鄂尔多斯盆地的西界可扩张至祁连山东段(甘肃白银、靖远)。本文根据大量野外地质调查、地表露头剖面、煤炭钻井、石油钻井的分析成果,重建了鄂尔多斯盆地在侏罗纪—白垩纪不同时期的原型盆地,进而揭示了其演化过程。

## 2 方法与前提

沉积盆地原始面貌的恢复或重建,是一个极为复杂的问题。在具体研究过程中,本文除对相关地层进行精细对比外,详细分析了地层发育特征与连续性、“盆地”与周边构造的关系和演化特征、物源区的性质、沉积体系与相分布、古水流格局等基本要素,恢复了盆地不同地质时期的古地理格局,构建了沉积体系的配置关系。

鄂尔多斯盆地侏罗系(包括富县组、延安组、直罗组、安定组和芬芳河组)主要分布于贺兰山—六盘山以东和东胜、神木、子长、延安、富县、宜君以西的地区(张泓等, 2005),但越来越多的事实证明,大同—宁武复向斜的侏罗系以及河南济源、义马等地的侏罗系也是鄂尔多斯盆地(广义)的一部分(张泓等, 1995)。大同—宁武复向斜的侏罗系由永定庄组、大同组、云岗组与天池河组(自下而上,下同)构成(山西省地质矿产局, 1989; 山西矿业学院和大同矿务局, 1991),河南济源的侏罗系包括鞍腰组、杨树庄组和马凹组,而义马地区的侏罗系是义马组(包括下部的砂砾岩段和上部的含煤段)和东孟村组(河南省地质矿产局, 1989)。下白垩统志丹群自下而上包括宜君

组、洛河组、环河—华池组、罗汉洞组和泾川组 5 个岩石地层单位，主要分布于桌子山—六盘山以东、东胜—榆林—延安—富县以西地区，准格尔旗东北部的喇嘛湾、东孔兑也有零星分布。上述岩石地层单位的对比，是在确立等时地层格架的基础上，按照我国学者的新近研究成果（钱丽君等，1987；山西省地质矿产局，1989；山西矿业学院和大同矿务局，1991；张泓等，1998；邓胜徽等，2003），建立其年代地层对比关系的（表 1）。侏罗系和白垩系的阶名、年代地层分类采用了国际地科联国际地层委员会执行局（IGS: IUGS）全球地质年表和相关成果（Cowie and Bassett, 1989；Gradstein and Ogg, 1996；Cresta *et al.*, 2001）。

表 1 鄂尔多斯盆地侏罗系和白垩系年代地层对比  
Table 1 Chronostratigraphic correlation of the Jurassic and Cretaceous of Ordos Basin

统	阶	本部	山西大同—宁武	河南济源	河南义马
下白垩统	Albian				
	Aptian				
	Barremian	志丹群			
	Hauterivian				
	Valanginian				
	Berriasian				
上侏罗统	Tithonian				
	Kimmeridgian				
	Oxfordian	芬芳河组			
中侏罗统	Callovian	安定组	天池河组	马凹组	东孟村组
	Bathonian	直罗组	云岗组		
	Bajocian	延安组	大同组	杨树庄组	义马组
	Aalenian				
下侏罗统	Toarcian	富县组	永定庄组	鞍腰组	
	Pliensbachian				
	Sinemurian				
	Hettangian				

鄂尔多斯盆地侏罗系和白垩系为典型的陆相沉积，主要由冲积扇和扇三角洲、河流（包括辫状河与曲流河）、湖泊三角洲、湖泊和风成沉积体系的沉积物构成。我国学者（钱丽君等，1987；李思田等，1992；李宝芳等，1995；李思田，1996；庄军等，1996；李孝泽等，1999；焦养泉等，2006）对鄂尔多斯盆地侏罗系和白垩系陆相沉积体系的特征、岩相和成因相构成及其空间关系等已经进行了比较深入的研究。本文编图和研究过程中，除利用已有研究成果外，主要通过露头 and 煤田钻孔岩心的详细观测，划分了成因相，建立了典型相层序剖面（图 1），同时，还利用煤田钻孔和石油钻井资料，进行了测井相分析，编制了相应地层

单元及不同岩石类型（砂岩、砾岩、泥岩或泥灰岩、煤层）的单因素（厚度、百分含量）图件。编图单元不同沉积体系的配置关系是在大量相型剖面分析的基础上，配合单因素分析和多因素综合作图方法（冯增昭，1992，2004）完成的。

受后期改造和地层保存记录不完整的限制，不同演化阶段鄂尔多斯盆地的东界以及相应古地理图中东半部的相区界线，都是根据地质调查获得的有限资料推测的；其证据和相关问题将在后面加以讨论。图件中具有确凿证据部分，边界用实线、相区以花纹配色标表示；推测部分，边界和不同相区分别用虚线 and 无花纹的相应色标表示。

### 3 不同演化阶段的原型盆地面貌与沉积体系配置

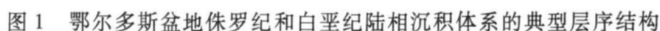
沉积盆地的形成和演替是地壳或岩石圈局部沉降及沉积物在其中不断堆积的过程，因此，相应的地质界面、沉积物类型和厚度、沉积中心的位置和迁移，都是划分盆地演化阶段和衡量盆地生命力的依据。鄂尔多斯盆地在侏罗纪和白垩纪的形成与演化具有明显的阶段性，受燕山运动 4 个构造幕的影响，发生了 4 个阶段的世代演替。

#### 3.1 第一阶段（早侏罗世晚期—中侏罗世早期）

鄂尔多斯盆地沉积的第一阶段是印支运动后，直罗组与延安组之间的平行不整合面（表 1）所代表的、燕山运动 幕之前形成的早侏罗世晚期至中侏罗世早期的含煤沉积盆地。

早侏罗世晚期（Pliensbachian—Toarcian 期）沉积相当于富县组、大同的永定庄组和河南济源的鞍腰组（表 1）（张泓等，1998；山西矿业学院和大同矿务局，1991；河南省地质矿产局，1989）。此期的沉积盆地范围有限，其西界在东胜、乌审旗、定边、环县一带，东界大体是大同、介休、济源的连线，北界可能在东胜、准格尔旗和大同附近，南界在铜川、运城以北（图 2）。

Pliensbachian—Toarcian 期，盆地主要被冲积体系、湖泊体系的沉积物充填，但沉积类型多样，厚度变化大。冲积体系分布于榆林—神木之间，华池、志丹、安塞、延安一带和山西大同，沉积物主



a—陕西千阳芬芳河, 上侏罗统芬芳河组, 冲积扇(大型砾质扇)沉积体系; b—河南义马, 中侏罗统义马组下部, 冲积扇(含煤的小型湿地扇)沉积体系; c—陕西千阳草碧沟, 下白垩统志丹群洛河组, 扇三角洲沉积体系; d—宁夏灵武鸳鸯湖, 中侏罗统延安组, 含煤的河流沉积体系; e—陕西神木宁条塔, 中侏罗统直罗组, 河流沉积体系; f—陕西神木考考乌素沟, 中侏罗统延安组, 湖泊三角洲沉积体系; g—陕西延安西杏子河, 中侏罗统安定组, 湖泊沉积体系; h—河南济源, 下侏罗统鞞腰组, 以水下重力流沉积为主的湖泊沉积体系; i—陕西彬县大佛寺, 下白垩统洛河组, 风成沉积体系。1—巨砾岩; 2—细—粗砾岩; 3—砂砾岩; 4—泥质砾(角砾)岩; 5—砂岩; 6—白云岩; 7—泥灰岩; 8—含砂灰岩; 9—煤和根土岩; 10—泥岩和粉砂岩; 11—槽状交错层理; 12—板状和楔状交错层理; 13—沙纹层理; 14—水平层理; 15—动物化石; 16—植物化石和结核。FD—泥石流与碎屑流; FFC—扇面河道; SF—漫流; SP—沼泽; LA—小型湖; FPD—前(扇)三角洲; FDF—扇三角洲前缘; FDP—扇三角洲平原; FCH—河道; FCS—岸后泛滥盆地(河道旁侧); CVS—天然堤; LV—决口扇; OB—越岸沉积; PD—前三角洲; DF—三角洲前缘; MB—河口坝; DP—三角洲平原; DC—分流河道; DM—深湖泥; IS—沙洲(岛); SM—浅湖泥; SB—湖岸沙坝; FT—滑塌沉积; TS—深水浊流; DN—沙丘; ID—沙丘间沉积; PL—沙漠湖; BA—分流间湾

河南济源的鞍腰组厚度约 130m, 主要由厚度不大的钙质细砂岩、钙质粉砂岩、钙质泥岩、含泥砂质灰岩反复交替的互层组成, 中部夹同生砾岩、中厚层状石英砂岩和长石石英砂岩, 槽模、沟模和重荷模构造以及变形层理 (或滑塌构造) 十分发育。野外观测和详细的沉积学研究表明, 主要由深湖泥和深水重力流沉积 (图 1 - h) 组成; 其中, 水下重力流又可分为水下滑塌沉积和浊流沉积两种

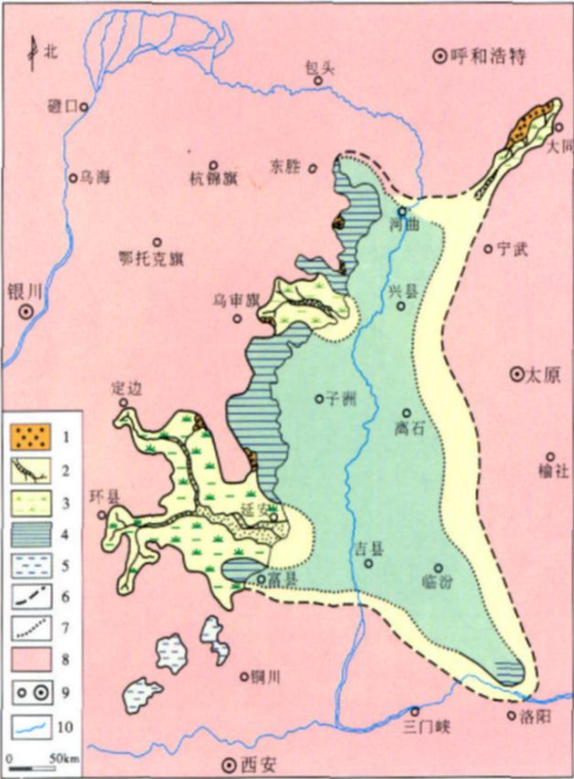


图 2 鄂尔多斯盆地早侏罗世 Pliensbachian—Toarcian 期的原始面貌及沉积古地理

Fig.2 Original morphobgy and sedimentary palaeogeography from Pliensbachian to Toarcian of the Early Jurassic of Ordos Basin

1—冲积扇；2—河道；3—泛滥平原；4—湖泊；5—局限湖；6—推测的盆地边界；7—推测的相区界线；8—隆起区；9—地名；10—河流成因类型。典型的滑塌沉积见于鞍腰组中上部，为同生副砾岩以及具有变形层理的钙质岩屑细砂岩和粉砂岩。鞍腰组的浊流沉积（浊积岩）中，总体粒度较细，具有完整鲍马序列（A～E层）的层序比较少见，主要由不完整的鲍马层序组成，每个层序厚 0.25～0.95 m（个别可达 1.6 m）。

此外，在耀县柳林附近、彬县、麟游等地有规模不大的局限湖发育，沉积物主要是暗红色、杂色“花斑泥岩”，并具有鲕粒结构，可能是来自周缘古高地的风化产物（中国煤田地质局，1996），厚度小于 20 m。

中侏罗世早期（Aalenian—Bajocian 期）沉积地层为延安组、大同一宁武地区的大同组、河南义马地区的义马组和济源地区的杨树庄组（表 1）。此期鄂尔多斯盆地的范围比早侏罗世晚期大得多；其北界在现今的河套断陷以南，南界被限制于渭河断陷以北，西界是桌子山东麓—石沟驿—六盘山东

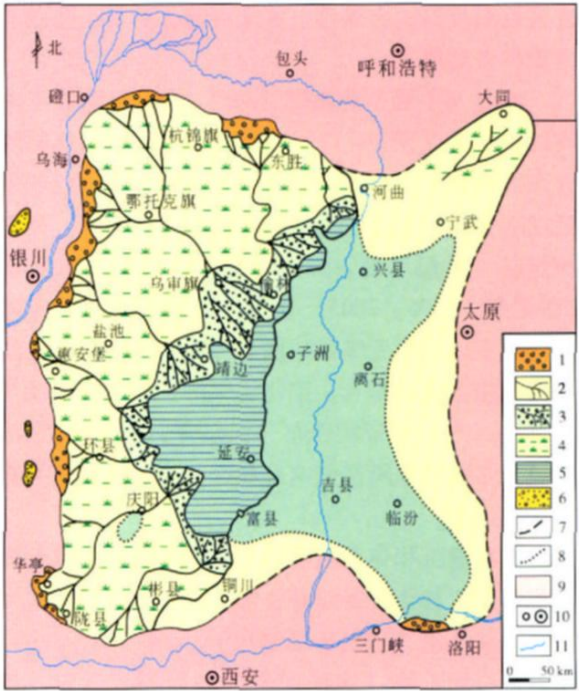


图 3 鄂尔多斯盆地中侏罗世 Aalenian—Bajocian 期的原始面貌及沉积古地理

Fig.3 Original morphology and sedimentary palaeogeography from Aalenian to Bajocian of the Middle Jurassic of Ordos Basin

1—冲积扇；2—河道或分流河道；3—湖泊三角洲；4—泛滥平原；5—湖泊；6—山间盆地沉积；7—推测的盆地边界；8—推测的相区界线；9—隆起区；10—地名；11—河流

麓的连线，东界位于大同、宁武和河南的西北部一带（图 3）。

中侏罗世早期盆地主要被冲积体系、湖泊三角洲体系和湖泊体系的沉积物充填。沉积体系配置（图 3）表明，盆地西缘（如桌子山东麓、石沟驿、华亭等地）和北缘（如达拉特旗高头窑）的部分地区发育有冲积扇，沉积物以砾岩和砂砾岩为主；内陆淡水湖泊沉积主要分布于洛河、葫芦河附近以及大理河与无定河之间，沉积物以泥岩为主，砂岩含量很低，一般不含煤层。在上述冲积扇与湖泊沉积之间，广泛发育由天然堤限定的河道和岸后泛滥盆地为代表的河流沉积体系。这些河流沉积向东或东南部推进，在神木、榆林、横山、靖边、华池、焦坪一带形成环绕湖泊的三角洲沉积。由于与湖泊沉积体系紧密相关，部分学者（Reading, 1978; Galloway and Hobday, 1983）曾将湖泊三角洲沉积体系归于湖泊沉积体系的滨湖沉积。鉴于鄂尔多斯盆地侏罗纪湖泊三角洲沉积构成的特殊性、发育的



普遍性和较好的含煤性, 本文将其作为一个独立的沉积体系对待。

河流 (主要是曲流河) (图 1 - d) 和湖泊三角洲沉积体系 (图 1 - f) 是鄂尔多斯盆地最重要的含煤沉积体系; 前者的成煤环境是天然堤限定的岸后泛滥盆地, 后者主要是废弃的三角洲朵体。延安组煤层 (单层厚度  $>0.1\text{m}$  者) 累计厚度等值线 (张泓等, 1995, 2005) 显示, 吴旗以东和无定河以南延安地区的无煤区范围与低能湖泊沉积体系所占据的位置完全重合, 围绕无煤区, 煤层等厚线基本上呈 (半) 环带状分布 (张泓等, 2005)。总体上说, 主要可采煤层是向着盆缘分叉、向湖盆中心变薄尖灭的。

冲积扇沉积体系是鄂尔多斯盆地的另一类含煤沉积体系。如达拉特旗高头窑的延安组下部和河南义马的义马组 (包括砂砾岩段) 下部 (图 1 - b), 主要是由泥石流 (含砾泥岩) 和碎屑流砾岩、扇面河道砂砾岩 (砂岩)、漫流砂岩组成冲积扇扇体, 沉积物粒度较粗, 其上是由细粒沉积物组成的扇缘和扇间沉积。上述地区冲积扇的规模小、沉积厚度不大, 属湿热气候条件下构造活动不甚强烈的盆地边缘小型湿地扇, 其扇缘和扇间的低洼地带是主要成煤环境, 形成的煤层分布比较稳定, 多为具复杂结构的厚煤层和巨厚煤层。

### 3.2 第二阶段 (中侏罗世 Bathonian—Calbvia 期)

鄂尔多斯盆地在中侏罗世 Bathonian—Calbvia 期进入第二发展阶段, 沉积直罗组和安定组、大同和宁武地区的云岗组和天池河组、河南济源的马凹组、义马地区的东孟村组 (表 1)。该阶段沉积盆地的范围与第一阶段 Aalenian—Bajocian 期大体相当。山西太谷、榆社、武乡、祁县的交界地区以及古县上哲才至洪洞苏堡一带, 缺失永定庄组和大同组, 残存的云岗组超覆不整合于三叠系之上, 说明此期的盆地范围与第一世代相比, 向东略有扩大 (图 4)。

从沉积体系配置图 (图 4) 可以看出, 此时的沉积格局基本上承袭了 Aalenian—Bajocian 期的特征, 只是冲积扇体系在盆地北部和桌子山东麓更为发育。在东胜—神木宁条塔和鄂托克旗一带以及盆地的西部 (如宁夏盐池) 和西南部 (如甘肃华亭

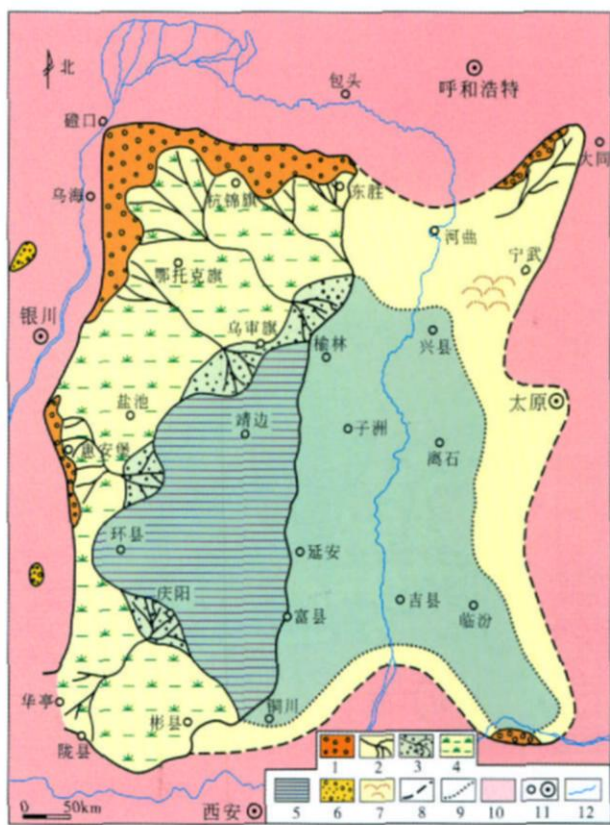


图 4 鄂尔多斯盆地中侏罗世 Bathonian—Callovian 期的原始面貌及沉积古地理

Fig. 4 Original morphology and sedimentary palaeogeography from Bathonian to Callovian of the Middle Jurassic of Ordos Basin  
1—冲积扇; 2—河道或分流河道; 3—湖泊三角洲; 4—泛滥平原;  
5—湖泊; 6—山间盆地沉积; 7—风成沙丘; 8—推测的盆地边界;  
9—推测的相区界线; 10—隆起区; 11—地名; 12—河流

和陕西彬县), 河流沉积体系比较发育 (图 1 - e), 其中直罗组底部的砂岩 (称直罗砂岩或七里镇砂岩) 是由多个大型砂岩复合体构成的辫状河沉积, 直罗组中上部和安定组下部带状砂岩体多为曲流河沉积; 盆地内部的湖泊沉积主要分布于延安、靖边、安边、富县等地, 并向西扩张至榆林、吴起、环县、庆阳一带, 其沉积物主要是粉砂岩、泥岩、钙质泥岩、泥灰岩、泥质白云岩和油页岩, 含鱼类、介形类、叶肢介等动物化石, 代表深湖泥和浅湖泥沉积 (图 1 - g)。在大同一带, 主要发育河流沉积体系, 局部地区发育小型砾质扇; 河南济源的马凹组是扇三角洲向湖泊过渡的沉积序列, 其中见有丰富的鱼类、双壳类动物化石; 义马地区主要发育冲积扇和扇三角洲沉积。需要特别说明的是, 在宁武东庄、陈家半沟地区广泛发育风成沙沉积, 主要见于天池河组, 代表性岩石是具巨型板状和楔状

交错层理 (亦称沙丘层理) 的红色细、中粒砂岩, 层系厚度 10~20 m, 细层厚度 5~20 cm, 前积层倾角  $17^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ; 砂岩的粒度呈单峰态, 分选好。此外, 由于我国北方的古气候在中侏罗世 Bajocian/Bathonian 期之交, 发生了从常湿温暖气候向炎热气候的转变 (张泓等, 1998; Wang *et al.*, 2005), 中侏罗世 Bathonian—Callovian 期为典型的干旱草原气候或炎热干旱气候, 从而导致鄂尔多斯盆地第二发展阶段聚煤作用消失, 相应地层不含可采煤层。

### 3.3 第三阶段 (晚侏罗世)

中侏罗世末的构造变动, 使得第二世代的沉积盆地迅速萎缩、消亡。晚侏罗世进入沉积盆地的第三发展阶段, 但沉积范围有限。以芬芳河组 (相当于晚侏罗世 Oxfordian—Kimmeridgian 期沉积; 表 1) 为代表的盆地沉积分布于桌子山东麓—环县—庆阳的南北向长条形拗陷内 (图 5)。其主要岩石类型为巨砾岩和中—粗砾岩, 间夹含砾粗砂岩和砂砾岩透镜体。砾岩呈棕红色和紫红色, 成分成熟度和结构成熟度都很低, 砾石直径大者可达 2~4 m, 一般为 5~30 cm, 属碎屑流沉积, 其中砂岩和砂砾岩透镜体代表扇面河道沉积 (图 1-a)。不同地区芬芳河组的厚度横向变化很大, 并向东很快变薄尖灭。由于芬芳河组仅分布于盆地西缘的部分地区, 加之未见典型的冲积扇前缘沉积, 第三阶段盆地的东界是按照地层分布大体推测的。

从上述分析可以看出, 第三阶段鄂尔多斯盆地主要是被阵发性流入的冲积扇或山麓堆积横向充填, 而不是沿着盆地的长轴方向作纵向充填, 沉积物源来自西缘的构造活动区 (鄂尔多斯西缘褶皱—冲断带) (张抗, 1989; 杨俊杰等, 1990; 张泓等, 1995, 2005)。这些山麓堆积是在干旱气候条件下形成的, 它们分布在鄂尔多斯西缘褶皱—断带前陆的南北走向上, 由不同厚度 (其中, 千阳: 1 174 m; 环县甜水堡: 109 m; 铁克苏庙: 2 000 m 左右) 的红色砾岩楔状体组成; 它们代表了由碎屑流、泥石流和筛积物构成的冲积扇特有的发散状堆积格局。因此, 第三阶段的盆地沉积形成于构造运动极不平静期。

### 3.4 第四阶段 (早白垩世)

受燕山运动主幕构造变动的影响, 鄂尔多斯盆

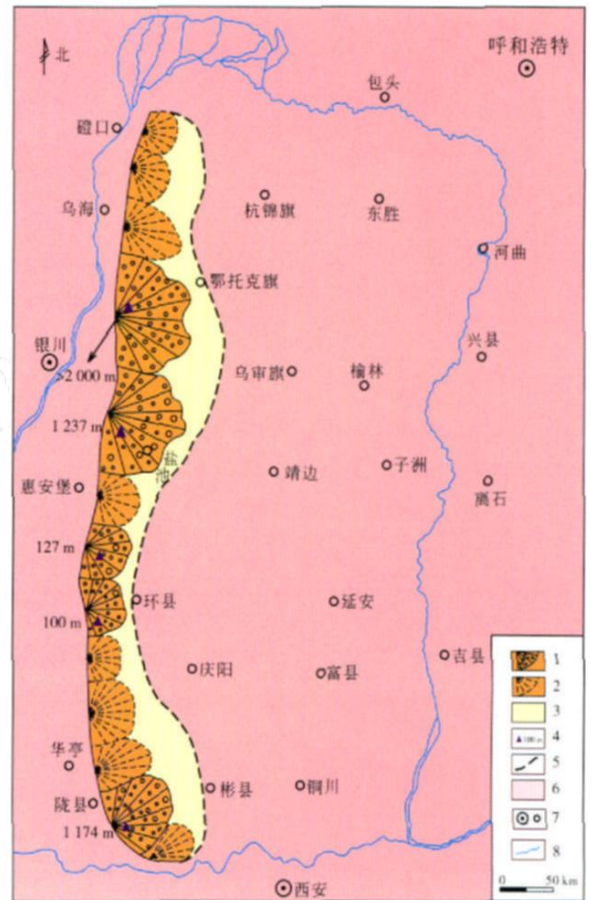


图 5 鄂尔多斯盆地晚侏罗世的原始面貌及沉积古地理

Fig. 5 Original morphology and sedimentary palaeogeography in the Late Jurassic of Ordos Basin

1—冲积扇; 2—推测的冲积扇; 3—扇缘沉积; 4—代表性地区的厚度; 5—推测的盆地边界; 6—隆起区; 7—地名; 8—河流

地在晚侏罗世中晚期 (Kimmeridgian—Tithonian 期) 处于隆升状态, 早白垩世进入沉积盆地第四发展阶段。沉积地层 (自下而上) 包括宜君组、洛河组、环河—华池组、罗汉洞组和泾川组构成的志丹群, 相当于早白垩世 Barriasian—Barronian 期沉积 (表 1)。鄂尔多斯盆地早白垩世的沉积范围比晚侏罗世大得多, 但和第二阶段的盆地范围相比, 其东界可能已收缩至黄河以西, 与现今志丹群的分布范围大体相当 (图 6)。

早白垩世早期和第三阶段的沉积盆地一样, 在鄂尔多斯盆地西缘的冲断—推覆体系向东逆冲岩体及与其相伴的低角度冲断层 (张抗, 1989; 杨俊杰等, 1990) 的前渊发生明显沉陷, 来自西部构造活动区的砾质山麓—冲积扇体系的沉积物, 横向充填于南北向伸长的拗陷内, 并逐渐向东扩张; 在



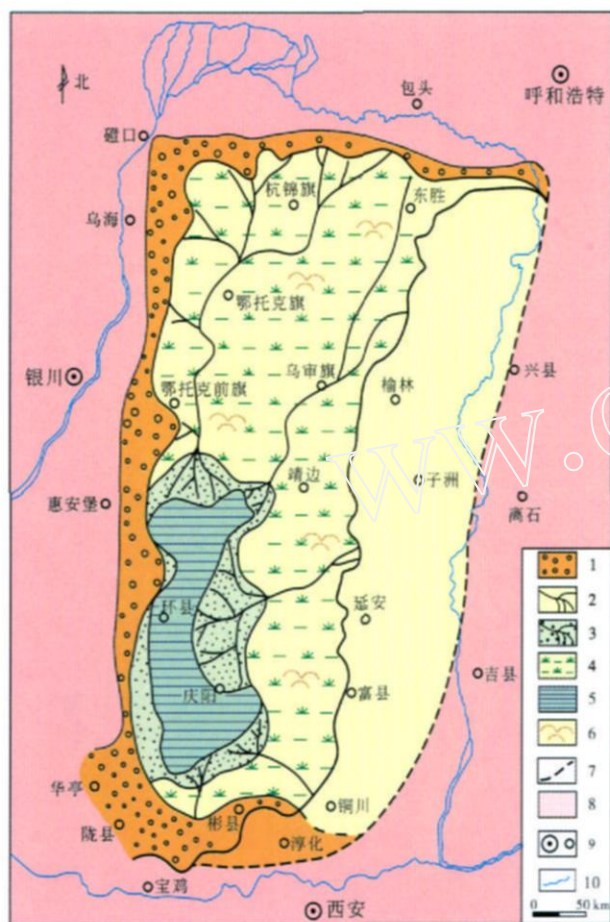


图 6 鄂尔多斯盆地早白垩世的原始面貌与沉积古地理  
Fig. 6 Original morphology and sedimentary palaeogeography  
in the Early Cretaceous of Ordos Basin

- 1—冲积扇；2—河道或分流河道；3—湖泊三角洲；  
4—泛滥平原；5—湖泊；6—风成沙丘；7—推测的  
盆地边界；8—隆起区；9—地名；10—河流

垂向上，经过冲积“前渊”平原发展阶段之后，被湖泊体系的沉积物充填，然后被淤浅消亡。

在早白垩世沉积体系配置图（图 6）上，盆地西部的南段被湖泊沉积体系占据，砾质冲积扇经过扇三角洲推进至低能湖泊，北段出现了纵向河（即河流沿盆地长轴发育）与横向扇（冲积扇在盆地西缘大体垂直盆地长轴分布）的充填格局，盆地东部的河流体系向西经过湖泊三角洲沉积体系，推进至湖泊体系。

应该特别说明的是，扇三角洲沉积主要见于盆地西缘的志丹群中下部，是冲积扇推进至湖泊水体形成的沉积体系，可视为远端被湖水改造的冲积扇沉积体系，岩石类型除少量泥岩、粉砂岩和砂岩外，主要是棕红色、紫红色中—粗砾岩和砂砾岩。典型的扇三角洲沉积体系自下而上由前扇三角洲、

扇三角洲前缘、扇三角洲平原及边缘等成因相（图 1 - c）构成细—粗—细连续转变的垂向层序结构（图 1 - c）。

在鄂尔多斯盆地北部（如东胜）、西南部（如彬县）、中部（如安塞）发育典型的风成沉积体系，主要由沙丘（DN）和沙丘间（D）成因相组成，其次是红色泥岩夹层代表的沙漠湖（PL）（图 1 - i）沉积。志丹群的风成沉积主要发育于洛河组，华池—环河组和罗汉洞组也见有风成沉积夹层；该盆地志丹群的风成砂岩主要由棕红色中、细粒砂岩组成，发育超大型或巨型交错层理，其层系厚度一般为 2 ~ 12 m，细层厚度 2 ~ 6 cm，前积层倾角 25° ~ 33°；碎屑成分以石英为主，含少量长石和风成粘土，分选好，扫描电镜图象显示石英颗粒表面粗糙，见有发育良好的碟形坑。

李孝泽等（1999）和李思田（1996）对该盆地白垩系沙丘岩进行了较深入的研究。从总体上看，志丹群所代表的早白垩世地层是一套由风成沙丘与冲积扇（扇三角洲）、河湖沉积物交互叠置的沉积组合。

将盆地第四阶段与第一、第二阶段西半部的沉积体系配置略加对比可以发现，后两者均未构成向心辐射状的古水流格局，而第四阶段盆地的古水流则呈向心辐射状，基本显现了盆地的原始面貌。充填于第四世代盆地内的沉积物厚度一般为 600 ~ 1 200 m，平均堆积速率为 33 m/Ma，沉积中心位于定边、环县、庆阳以西，与湖盆（深水相）中心大体吻合，拗陷方向几近南北。早白垩世晚期，鄂尔多斯盆地消亡，晚白垩世至古近纪，全区处于缓慢隆升状态。

#### 4 早—中侏罗世沉积盆地范围与东界的讨论

关于鄂尔多斯盆地早—中侏罗世的沉积范围和原始面貌争论颇多。但是，多数学者（王鸿祯，1985；张抗，1989；张泓，1995；中国煤田地质局，1996，2001）都承认，其西界位于桌子山（或贺兰山）—六盘山一线，北界在河套断陷的黄河断裂以南，南界位于渭河断陷以北。第一和第二阶段沉积盆地的古地理（图 2，图 3，图 4）重建表明，由于边缘相（小型冲积扇）的存在，上述



认识大体是正确的, 主要分歧是盆地的东界在何处。

鄂尔多斯盆地、中侏罗统 (富县组、延安组、直罗组) 现今的分布东界位于神木、榆林、子长、延安、宜君一线, 但是, 它不可能是鄂尔多斯早、中侏罗世沉积盆地的实际东界。延安地区除富县组为河流沉积 (图 2) 外, 延安组主要由湖泊沉积体系构成, 在第一和第二阶段沉积盆地古地图 (图 2 至图 4) 上, 相分布是向东 (或东南、东北) 开放的, 古水流并未构成向心辐射状, 而是指向东和东南, 地层厚度等值线未在神木、榆林、子长、延安、宜君一带闭合; 延安组煤层厚度图 (张泓等, 2005, 图 6-9) 与沉积盆地中侏罗世 Aalenian—Bajocian 期古地图 (图 3) 的叠合分析证明, 煤层厚度等值线是围绕延安地区无煤的湖相沉积区 (图 3) 向东开放、并作半环状分布的。这就表明, 吕梁山以东大同—宁武复向斜以及河南济源、义马地区的侏罗纪沉积可能是鄂尔多斯盆地的一部分。

大同—宁武一线, 侏罗纪煤系不整合于下古生界 (青磁窑) 或上古生界太原组 (寺尔沟—拖皮沟)、山西组 (七峰山)、上石盒子组 (石场—马厂) 之上, 在区域上, 大同组由北部 (大同地区) 含煤的河流沉积体系, 向南 (宁武地区) 逐渐过渡到不含煤或含煤性很差的湖泊沉积体系为主的沉积序列, 古水流指向南西或南西西 (山西矿业学院和大同矿务局, 1991; 张泓等, 1998)。这种区域上的变化趋势与吕梁山以西东胜—神木—延安一线的情况十分相似。

河南济源不含煤的侏罗系是由湖泊和湖泊三角洲体系构成的沉积序列, 特别是鞍腰组发现了由众多鲍马层序构成的深湖沉积, 因此, 这里可能和宁武复向斜、延安地区的湖泊沉积共同构成了鄂尔多斯盆地深水相沉积中心。地质填图与调查证明, 山西太谷、榆社、武乡、祁县交界地带以及古县上哲才、洪洞苏堡附近, 残存有相当于云岗组的地层, 并直接平行不整合于三叠系之上, 缺失大同组和永定庄组。上述事实表明, 鄂尔多斯盆地第一、第二阶段的盆地东界大致在东经  $113^{\circ}$  附近, 只是后者的东界与前者相比略靠东一些。

上述分析表明, 分布于大同—宁武复向斜、河

南济源和义马以及吕梁山以西、桌子山—六盘山以东的侏罗系, 只是原始沉积盆地经后期构造运动肢解后残留下来的部分。

## 5 结论

鄂尔多斯盆地是印支运动后, 中国大陆进入板内构造体制阶段, 其主体座落于鄂尔多斯地块之上的侏罗纪—白垩纪沉积盆地。通过对鄂尔多斯盆地原始面貌的重建和沉积体系配置关系的分析, 可以得出如下认识:

1) 鄂尔多斯盆地从早侏罗世晚期开始形成到早白垩世末消亡的过程中, 可被分为 4 个演化阶段, 即第一阶段 (早侏罗世晚期—中侏罗世早期)、第二阶段 (中侏罗世 Bathonian—Callovian 期)、第三阶段 (晚侏罗世) 和第四阶段 (早白垩世), 每个阶段盆地的特征各不相同。

2) 第一阶段和第二阶段沉积盆地的范围和沉积体系的配置关系大体类似, 两者最为重要的区别是前者有聚煤作用发生, 后者没有煤层发育, 其原因是盆地在早侏罗世晚期—中侏罗世早期为常湿温暖气候, 而中侏罗世 Bathonian—Callovian 期为炎热干旱气候, 不具备相应的成煤古气候条件。

3) 鄂尔多斯盆地在早侏罗世晚期开始形成, 沉积范围有限; 中侏罗世迅速扩张, 其西界在贺兰山—六盘山一线, 东界大体在东经  $113^{\circ}$  附近, 南界和北界分别是现今的河套断陷以南与渭河断陷以北 (当时它们均处于隆起状态); 晚侏罗世, 盆地收缩至桌子山—石沟驿—六盘山一线的东侧; 早白垩世, 盆地范围有所扩大, 但东界可能被限制于现今的吕梁山以西。因此, 吕梁山作为一个陆内山系, 至少在中侏罗世末尚未出现, 它可能在晚侏罗世—早白垩世才初现端倪。

致谢: 白清昭、李恒堂、张笑薇、高选政、熊存卫、蔺广茂、高文生、段宗怀等先后参与野外地质调查; 何宗莲完成部分分析性图件的编制; 冯增昭教授 (中国石油大学 (北京))、邵龙义教授 (中国矿业大学 (北京))、邓胜徽教授 (中国石油股份公司勘探开发研究院) 审阅文稿, 改正部分错漏, 并提出宝贵的修改建议, 一并致以衷心感谢。

## 参 考 文 献

- 陈法正. 2002. 砂岩型铀矿的成矿地质条件与战略选区:以二连和鄂尔多斯盆地为例 [J]. 铀矿地质, 18(3): 138 - 143.
- 邓胜徽, 姚益民, 叶得泉, 等. 2003. 中国北方侏罗系, (1)地层总结 [M]. 北京:石油工业出版社, 1 - 399.
- 冯增昭. 1992. 单因素分析综合作图法—岩相古地理学方法论 [J]. 沉积学报, 10(3): 70 - 77.
- 冯增昭. 2004. 单因素分析多因素综合作图法—定量岩相古地理重建 [J]. 古地理学报, 6(1): 3 - 19.
- 河南省地质矿产局. 1989. 河南省区域地质志 (中华人民共和国地质矿产部地质专报, “一、区域地质”, 第 18号) [M]. 北京:地质出版社, 1 - 722.
- 焦养泉, 吴立群, 杨生科, 等. 2006. 铀储层沉积学——砂岩型铀矿勘查与开发基础 [M]. 北京:地质出版社, 1 - 331.
- 李宝芳, 李祯, 林畅松, 等. 1995. 鄂尔多斯盆地中部下中侏罗统沉积体系和层序地层 [M]. 北京:地质出版社, 1 - 156.
- 李思田. 1996. 含能源盆地沉积体系—中国内陆和近海主要沉积体系类型的典型分析 [M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社, 1 - 254.
- 李思田, 程守田, 杨士恭, 等. 1992. 鄂尔多斯盆地东北部层序地层与沉积体系分析——侏罗纪富煤单元的形成、分布和预测基础研究 [M]. 北京:地质出版社, 1 - 194.
- 李孝泽, 董光荣, 靳鹤龄, 等. 1999. 鄂尔多斯白垩系沙丘岩的发现 [J]. 中国科学, 44(8): 874 - 877.
- 钱丽君, 白清昭, 熊卫, 等. 1987. 陕西北部侏罗纪含煤地层与聚煤特征 [M]. 陕西西安:西北大学出版社, 1 - 202.
- 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 等. 1997. 从全球看中国大地构造:中国及邻区大地构造图说明书 [M]. 北京:地质出版社, 1 - 50.
- 山西省地质矿产局. 1989. 山西省区域地质志 (中华人民共和国地质矿产部地质专报, “一、区域地质”, 第 17号) [M]. 北京:地质出版社, 1 - 780.
- 山西矿业学院, 大同矿务局. 1991. 大同侏罗纪含煤地层与聚煤特征 [M]. 北京:科学出版社, 1 - 326.
- 王鸿祯 (主编). 1985. 中国古地理图集 [M]. 北京:地图出版社, 1 - 85.
- 杨俊杰, 赵重远, 刘和甫, 等. 1990. 鄂尔多斯盆地西缘掩冲带构造与油气 [M]. 甘肃兰州:甘肃科学技术出版社, 1 - 160.
- 翟光明, 宋建国, 靳久强, 等. 2002. 板块构造演化与油气盆地形成和评价 [M]. 北京:石油工业出版社, 1 - 461.
- 张泓, 白清昭, 张笑薇, 等. 1995. 鄂尔多斯聚煤盆地形成与演化 [M]. 陕西西安:陕西科学技术出版社, 1 - 165.
- 张泓, 何宗莲, 晋香兰, 等. 2005. 鄂尔多斯盆地构造演化与成煤作用——1:500000鄂尔多斯煤盆地地质构造图简要说明 [M]. 北京:地质出版社, 1 - 68.
- 张泓, 李恒堂, 熊卫, 等. 1998. 中国西北侏罗纪含煤地层与聚煤规律 [M]. 北京:地质出版社, 1 - 316.
- 张抗. 1989. 鄂尔多斯断块构造与资源 [M]. 陕西西安:陕西科学技术出版社, 1 - 394.
- 中国煤田地质局. 1996. 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, 1 - 437.

- 中国煤田地质总局. 2001. 中国聚煤作用系统分析 [M]. 江苏徐州:中国矿业大学出版社, 1 - 343.
- 庄军, 吴景钧, 张群, 等. 1996. 鄂尔多斯盆地南部早中侏罗世聚煤特征与煤的综合利用 [M]. 北京:地质出版社, 1 - 256.

## References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Henan Province. 1989. Regional Geology of Henan Province. Ministry of Geology and Mineral Resources, People's Republic of China, Geological Memoirs, Ser. 1, Num. 18 [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 722 (in Chinese with English abstract).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Shanxi Province. 1989. Regional Geology of Shanxi Province. Ministry of Geology and Mineral Resources, People's Republic of China, Geological Memoirs, Ser. 1, Num. 17 [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 780 (in Chinese with English abstract).
- Chen Fazheng. 2002. Metallogenic geologic prerequisites of sandstone-type uranium deposits and target area selection: Taking Erlian and Ordos basins as examples [J]. Uranium Geology, 18(3): 138 - 143 (in Chinese with English abstract).
- China National Administration of Coal Geology. 1996. Coal Accumulation and Coal Resource Evaluation of Ordos Basin [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 1 - 437 (in Chinese with English abstract).
- China National Administration of Coal Geology. 2001. Analysis of Coal Accumulation System in China [M]. Jiangsu Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 1 - 343 (in Chinese with English abstract).
- Cowie J W, Bassett M G. 1989. UGS 1989 global stratigraphic chart [J]. Episodes, 12(1): 6.
- Cresta S, Goy A, Ureta S, et al. 2001. The global boundary stratigraphic section and point (GSSP) of the Toarcian-Aalenian boundary (Lower-Middle Jurassic) [J]. Episodes, 24(3): 166 - 175.
- Deng Shenghui, Yao Yimin, Ye Dequan, et al. 2003. Jurassic System of the North China, Vol 1, Stratum Introduction [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1 - 399 (in Chinese with English abstract).
- Feng Zengzhao. 1992. Single factor analysis and comprehensive mapping method: Methodology of lithofacies paleogeography [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 10(3): 70 - 77 (in Chinese with English abstract).
- Feng Zengzhao. 2004. Single factor analysis and multifactor comprehensive mapping method: Reconstruction of quantitative lithofacies palaeogeography [J]. Journal of Palaeogeography, 6(1): 3 - 19 (in Chinese with English abstract).
- Galloway W E, Hobday D K. 1983. Terrigenous clastic depositional systems: Applications to petroleum, coal, and uranium exploration [M]. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlag, 1 - 423.
- Gradstein F M, Ogg J A. 1996. Phanerozoic time scale [J]. Episodes, 19(1/2): 3 - 5.

- Jiao Yangquan, Wu Liqun, Yang Shengke, *et al* 2006. Sedimentology of Uranium Reservoir: The Exploration and Production Base of Sandstone-Type Uranium Deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 331 (in Chinese).
- Li Baofang, Li Zhen, Lin Changsong, *et al* 1995. Lower and Middle Jurassic Depositional Systems and Sequence Stratigraphy [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 156 (in Chinese with English abstract).
- Li Sitian 1996. Depositional Systems in Energy-Resources-Bearing Basins: Case Studies of the Continental and Paralic Depositional Systems in China [M]. Hubei Wuhan: China University of Geosciences Press, 1 - 254 (in Chinese with English abstract).
- Li Sitian, Cheng Shoutian, Yang Shigong, *et al* 1992. Sequence Stratigraphy and Depositional System Analysis of the Northeastern Ordos Basin: The Fundamental Research for the Formation, Distribution and Prediction of Jurassic Coal-Rich Unit [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 194 (in Chinese with English abstract).
- Li Xiaozhe, Dong Guangrong, Jin Heling, *et al* 1999. Discovery of Ordos Cretaceous dune rock and its significance [J]. Chinese Science Bulletin, 44(22): 2 102 - 2 106.
- Qian Lijun, Bai Qingzhao, Xiong Cunwei, *et al* 1987. Jurassic Coal-Bearing Strata and the Characteristics of Coal Accumulation from Northern Shaanxi [M]. Shaanxi Xi'an: Northwest University Publishing House, 1 - 202 (in Chinese).
- Reading H G 1978. Sedimentary Environments and Facies [M]. London: Blackwell Sci Pub, 1 - 462.
- Ren Jishun, Wang Zuoxun, Chen Bingyu, *et al* 1997. The Tectonics of China from Global View: A Guide to the Tectonic Map of China and Adjacent Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 57 (in Chinese).
- Shanxi Mining Institute, Datong Mining Bureau 1991. Sedimentary Environments and Coal Accumulation Features of Jurassic Measures in Datong [M]. Beijing: Science Press, 1 - 326 (in Chinese with English abstract).
- Wang Hongzhen 1985. Atlas of the Palaeogeography of China [M]. Beijing: Cartographic Publishing House, 1 - 85 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yongdong, Mosbrugger V, Zhang Hong 2005. Early-Middle Jurassic vegetation and climate events in the Qaidam Basin, Northwestern China [J]. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol, 224(1 - 3): 200 - 216.
- Yang Junjie, Zhao Chongyuan, Liu Hefu, *et al* 1990. Tectonics and Petroleum of the West Ordos Fold-Thrust Belt [M]. Gansu Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 1 - 160 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Guangning, Song Jianguo, Jin Jiuqiang, *et al* 2002. Plate Tectonic Evolution and Its Relationship to Petroliferous Basins [M]. Petroleum Industry Press, 1 - 461 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Hong, Bai Qingzhao, Zhang Xiaowei, *et al* 1995. Formation and Evolution of the Ordos Coal-Forming Basin [M]. Shaanxi Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1 - 165 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Hong, He Zonglian, Jin Xianglan, *et al* 2005. Tectonic Evolution and Coal Accumulation of the Ordos Basin: A Brief Explanation of the Geological Tectonic Map of the Ordos Coal Basin (with scale of 1:500000) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 68 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Hong, Li Hengtang, Xiong Cunwei, *et al* 1998. Jurassic Coal-Bearing Strata and Coal Accumulation of Northwestern China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 316 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Kang 1989. Tectonic and Resources of Ordos Fault-Block [M]. Shaanxi Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1 - 394 (in Chinese).
- Zhuang Jun, Wu Jingjun, Zhang Qun, *et al* 1996. Comprehensive Research on Lower and Middle Jurassic Coal-Accumulation and Multi-Utilization of Coal Resources in Southern Part of Ordos Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 256 (in Chinese with English abstract).

(责任编辑 王 媛)