

文章编号: 0253-9985(2006)02-0167-06

鄂尔多斯盆地白垩系沉积建造

杨友运

(西安石油大学, 陕西 西安 710065)

摘要: 鄂尔多斯盆地在白垩纪时期与外围六盘山、河套盆地相隔, 是独立的非均衡拗陷盆地。盆地以南北向为轴, 盆缘斜坡东缓西陡, 盆地轴面西倾, 沉降中心位于西侧, 沉降中心区沉积厚度明显大于周缘抬升区。不对称结构和沉积环境演化不仅控制了盆内岩性、沉积相及地层分布, 导致盆缘以冲积扇、河流相和三角洲平原分流河道相砂砾岩和砂岩沉积为主, 盆内为风成沙漠相、三角洲前缘相和湖泊相的砂岩和泥岩。下白垩统平面展布受盆地升降运动、剥蚀与残留变化规律影响, 盆地东部和边缘剥蚀作用强, 残留厚度小, 腹部及西部拗陷区地层发育全, 保留厚度大, 以洛河组分布最广, 其次是环河华池组, 罗汉洞组及泾川组仅残留在西部和北部拗陷区。

关键词: 沉积相; 沉积建造; 白垩系; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE111.3 **文献标识码:** A

Cretaceous sedimentary formation in Ordos basin

Yang Youyun

(Xi'an Petroleum University, Xi'an, Shaanxi 710065)

Abstract Ordos basin was separated from the adjacent Liupanshan and Hetao basins in Cretaceous, thus it was a separated non-equilibrium downwarped basin. The basin has a north-south axis with west-dipping axial plane and the basin margin slope being gentle in the east and steep in the west. The center of subsidence is located in the western side of the basin, where the sedimentary thickness is obviously larger than the surrounding uplifted zone. The asymmetrical structure and evolution of sedimentary environment have not only controlled the lithology, sedimentary facies and distribution of strata in the basin, but also resulted in the basin margin to be dominated by glauconites and sandstones of alluvial fan, fluvial, delta plain and distributary channel facies, while the inner part of the basin to be dominated by sandstones and mudstones of eolian desert, delta front and lake facies. Elevation and subsidence, denudation and relief would have influenced the plane distribution of Lower Cretaceous. The thickness of residual sediment is thin in the eastern part and margin of the basin, while it is thick and completely preserved in the downwarping regions in central and western parts of the basin. The Luohe Formation is the most widely distributed, followed by Huanhehuachi Formation, while Luohandong and Jingchuan Formations have only been partially preserved in the downwarping regions in the west and in the north.

Key words Cretaceous sedimentary facies; sedimentary formation; Cretaceous Ordos basin

鄂尔多斯盆地是我国多种矿产资源重要聚集区和大型能源基地之一^[1], 白垩系含水系统又是目前世界上仅次于澳大利亚大自流水盆地的又一特大型自流水盆地^[2-3]。为了解盆地主要含水岩组地下水运动规律与盆地结构, 本文通过盆地沉积环境背景、沉积相、岩性发育类型以及主要控制因素的分析, 试图阐明白垩系沉积建造与盆地演

化的关系, 为查明地下水赋存运动规律并正确评价水资源提供地质理论基础^[3]。

1 沉积特征及沉积相

鄂尔多斯盆地白垩系自下而上分为洛河组、环河华池组、罗汉洞组和泾川组^[2-4-5]。

收稿日期: 2005-12-30

作者简介: 杨友运 (1959-), 男, 副教授, 沉积学与石油地质

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2003CB2146007); 国土资源部“十五”重大项目 (1212010331302)

1.1 洛河组

洛河组主要由风成沙漠相^[6]、河流湖泊相以及冲(洪)积扇、泥石流和风化残积物沉积组成^[7](图 1), 厚约 200~500 m。可分为上下两段, 其间以区域性灰质砂岩致密层及泥岩段为划分标志。洛河组上段, 在盆地北部鄂托克前旗、环县以北和中西部定边姬塬为冲积扇、辫状河以及三角洲平原分流河道相, 含砾砂岩、粗砂岩以及中砂岩发育, 厚 175~235 m; 中南部大部分地区以风成细粒长石石英砂岩为主, 杂基含量少, 单层厚度大, 累计砂岩厚 120~170 m; 覆盖全盆地总面积的 60%~75%; 在西部乌审旗、盐池、环县凹陷区以及黄陵县上珍子, 为风成砂岩与三角洲前缘相互层, 砂岩明显减薄, 泥岩特别发育, 砂岩厚 45~85 m, 粉砂岩和泥岩主要分布在湖盆中心。洛河组下段, 为坡积、残积及冲积相含砾砂岩及砾岩为主, 以往称“宜君砾岩”^[7], 沿盆缘或者在盆内古高地附近沉积, 向盆内迅速变薄尖灭, 呈楔状体分布。少量中细砂岩及泥岩主要分布在盐池、环县、安塞和鄂托克旗等地。

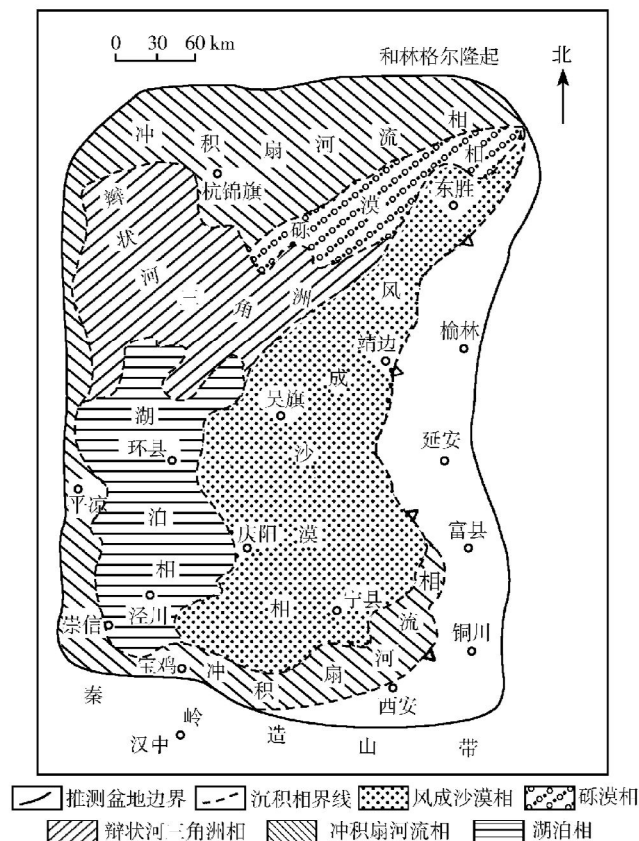


图 1 鄂尔多斯盆地洛河组沉积相分布图

Fig. 1 Map showing distribution of sedimentary facies of Luohe Formation in Ordos basin

1.2 环河华池组

环河华池组骨架砂体在湖盆周缘和北部主要为三角洲分流河道、水下分流河道和浅湖滩坝相砂岩, 砂层叠置厚度大, 粒度粗。盆内主要由湖相泥岩和粉砂质泥岩组成, 岩层较薄, 在湖盆腹地坳陷区以泥岩为主, 可分为上、下两大旋回, 上旋回段在鄂托克前旗、杭锦旗和环县姬塬等地以三角洲平原分流河道和前缘水下分流河道相为主, 厚约 20~50 m, 在盆地中南部的定边、志丹、盐池、环县及镇原等地, 主要为湖相泥岩和粉砂质泥岩; 下旋回段主要分布在盐池、环县及演武等地, 骨架砂岩相属于冲积扇和三角洲平原分流河道相, 砂体呈带状延伸, 累计厚 20~40 m, 最厚达 150 m, 而粉砂岩和泥岩主要见于鄂托克前旗苏里格、靖边、乌审旗尔林滩, 志丹西南—合水张岔、庆阳、灵台以及耀县庙湾等地, 沉积环境为三角洲分流河间洼地及河漫滩相。

1.3 罗汉洞组

罗汉洞组主要见于盆地西北部泾川—天环一带, 残留面积较小。分上、下两个岩层单元, 分别由风成相和河流相砂岩组成。平面上, 在盆地西北部榆林到杭锦旗一带、中西部姬塬、麻黄山、盐池青山一带, 河湖相含砾中粗粒砂岩及粗砂岩发育, 颗粒组份包括长石、石英、白云岩和灰岩等^[8,9], 而在盆地中西部北段凹陷区和东南部子午岭一带, 河流相紫红色及杂色泥质粉砂岩和粉砂质泥岩发育。

1.4 泾川组

主要为一套河湖相厚层杂色砂质泥岩、泥岩及泥质粉砂岩组合, 在盆地北部分布有少量含砾砂岩和粗砂岩。

1.5 盆地演化与沉积相带分布

鄂尔多斯盆地早白垩世初期, 盆地基底凹凸不平, 沉积体厚度和岩性变化大, 沿盆地周缘以及在盆内靖边、乌审旗古高地附近, 沉积了洛河组下段坡积、残积物和洪积相砂砾岩相, 但向盆内腹地迅速相变减薄, 或者尖灭, 形成了不同大小的砂砾岩扇状、丘状以及透镜体。此后, 随着盆内高地逐

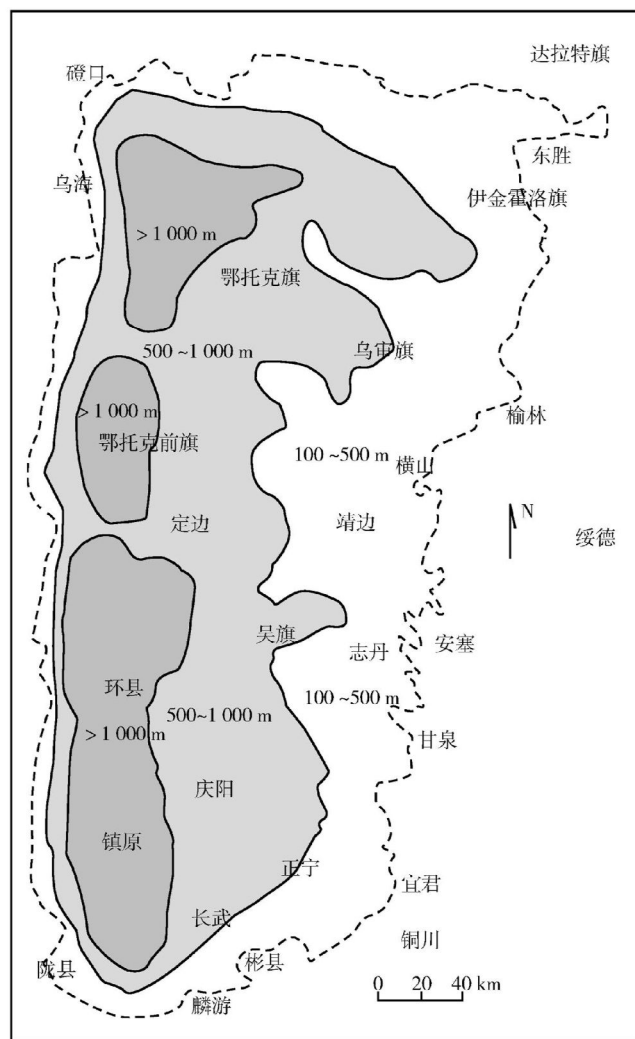


图 2 鄂尔多斯盆地白垩系地层分布

Fig. 2 Map showing distribution of Cretaceous in Ordos basin

渐被剥蚀夷平,盆地快速不均衡沉降,接受了巨厚的洛河组和环河华池组风成相、河流相以及湖泊和三角洲相沉积,地层分布广,其中在盆地北部及东北缘主要分布河流相及三角洲平原分流河道,岩性组合为中细粒砂岩、紫红色粉砂岩、泥岩。在盆地东部形成了典型的沙丘和沙漠边缘两类沉积组合,局部夹有丘间和沙漠湖泥质层,盆内为三角洲水下分流河道和远砂坝相细砂岩,厚度、形态和空间伸展范围、叠置关系及侧向迁移规律取决于三角洲进积退积速度和持续时间^[8-10]。在盆地腹地和镇原、环县及盐池凹陷区,以湖相泥岩和杂色、灰绿色粉砂岩为主。晚期,由于盆地不均衡全面隆起抬升,东高西低,罗汉洞组下段河流相和

步隆洼分隔,沉降中心向北和西扩展,所以泾川组仅在千阳—陇县—泾川—庆阳—环县—天池—鄂托克旗—东胜一带形成“Γ”型残留湖相杂色砂泥质沉积^[11]。白垩系纵向形成了两个沉积旋回:洛河组底部“宜君段冲积砾岩”—洛河组风成砂岩—环河华池组湖相砂泥岩旋回;罗汉洞组砂岩—泾川组湖相杂色砂泥岩以及泥灰岩旋回。

2 盆地边界与地层分布

对早白垩世鄂尔多斯盆地形态、边界特征一直存在争议,一种观点认为盆地为内陆凹陷盆地,西缘以桌子山—贺兰山—六盘山为界,东界为吕梁隆起,南接秦岭,北到阴山山前,东胜组与洛河组为上下关系^{[12]①};另一种观点认为,盆地西界外扩与六盘山盆地相通,形成了广义的“泛鄂尔多斯盆地”,北部也与河套盆地连为一体^[13]。

通过沉积环境演化和相带组合特征分析,鄂尔多斯盆地西缘,自北向南沿桌子山东麓—平凉—安口窑—崇信一带^[12],均发育有边缘冲积扇相砾岩,并且局部已延伸到盆内马家滩和环县耿湾一带,扇状细—中砾岩,砾石成分与盆缘基岩一致,砾岩厚度在各地差异很大,井下一般为 2~16 m,向东迅速减薄,相变陡然进入深湖相暗色泥岩。砾岩与泥岩组成的频繁韵律层序变化,说明了砾岩产状和沉积相变化受准同生断层控制,燕山早期同生西缘断裂带具多期活动。对比研究六盘山及河套盆地下白垩统湖相泥岩微量元素存在明显差异,鄂尔多斯盆地泥岩微量元素 B/Ga 均值为 3.88 小于 4.5, Sr/Ba 均值为 0.368 小于 1.5,而六盘山群中 B/Ga 均值为 4.64 大于 4.5, Sr/Ba 均值为 2.11 大于 1.5,说明湖盆水系性质不同,前者属于淡水,而后者为封闭的富盐咸水环境。由此推断鄂尔多斯盆地和六盘山盆地是两个独立盆地沉积体系^[12-13] (图 3)。

位于盆地北部乌兰格隆起南斜坡上的“东胜砾岩”组分特征与盆地内洛河组含砾砂岩及砂岩相似,属于同期不同相带沉积,前人确定的上、下层位关系证据不足。另外,在盆地北部东胜霞

格尔东西向古隆起既是鄂尔多斯盆地北部物源提供者,也是鄂尔多斯盆地北界。结合河套盆地石油钻探资料^[3],进一步说明鄂尔多斯盆地与河套盆地分属于不同湖泊体系,乌兰格尔古隆起为分界岭。

鄂尔多斯盆地南界,由于在宜君老虎塔、铜川焦坪、旬邑、彬县大佛寺、千阳、陇县大杜阳沟一带,洛河组中见有大量粗碎屑山麓堆(洪)积相,其砾岩成份主要来自秦岭造山带^[15]。并经钻井资料证实,由此向南延伸到渭河盆地内的三原、富平和蔡家坡等地,第三系往往直接不整合在更老的二迭系、奥陶系、寒武系之上,其间缺失中生代地层,由此说明,白垩系沉积时鄂尔多斯盆地由此向南,基底地形已明显抬高,进入边缘抬升剥蚀区,上述一线应为盆地南缘。

沿横山石湾、安塞砖窑湾、黄陵一线是白垩系现今的东缘分界,洛河组厚度已从盆地西部大于 300 m 迅速减薄到小于 100 m。粒度也明显较盆地西部吴旗、志丹一带变粗,在露头剖面中还夹有 1~3 m 的砾岩和砂砾岩,说明沉积环境已临近盆地边缘相带,为湖盆东部边缘。

总之,早白垩世盆地构造演化表现为洛河期沉积厚度大,分布面积广,盆地四周均有清晰的边

缘冲积相砂砾岩带,区域上与下伏侏罗系安定组 and 直罗组呈不整合超覆接触;环河华池组、罗汉洞组和泾川组受晚白垩世后期区域性构造抬升运动影响,残缺不全,范围逐渐较下伏地层收缩,地层厚度减小甚至缺失。

3 盆地结构形态与地层发育特征

钻井资料显示,现今下白垩统洛河组底面海拔由盆地东部露头区 +1 200 m 演化到盆地西部沉积中心区的 -20 m,相差约 1 200 m,各岩石地层单位总体趋势由东向西,厚度逐渐增大(图 4)。在盆地西翼,从洛河组到泾川组,主要发育冲积相粗碎屑沉积,岩层厚度以及相带变化快,组分复杂,颗粒粗,分选差。向东过渡到坳陷区深湖区,层序发育全,厚度大,洛河组、环河华池组、罗汉洞组和泾川组岩性均由泥岩、粉砂质泥岩和砂岩组成,泥岩厚度明显较两翼厚,砂层薄。在盆地东翼坡降小,盆底地形开阔,地层产状稳定,岩性结构均匀,主要以洛河组厚层砂岩沉积为主,环河华池组除在南部子午岭一带残存有湖盆边缘相泥岩和粉砂质泥岩韵律层外,其余大部分地区缺失。

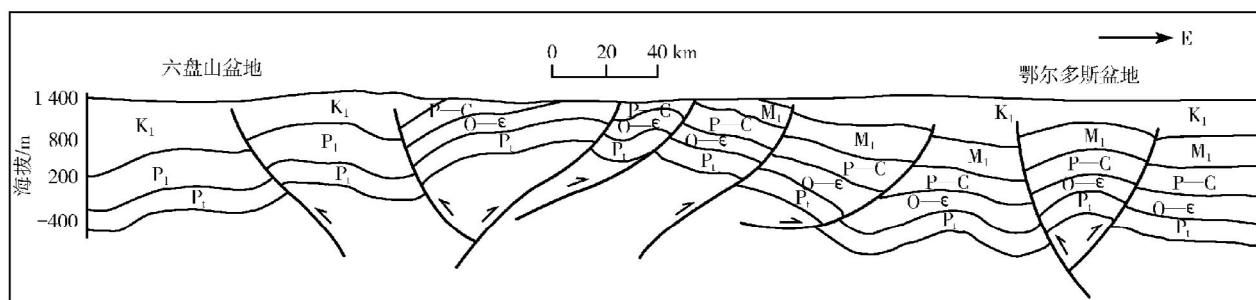


图 3 早白垩世鄂尔多斯盆地和六盘山盆地

Fig. 3 Ordos and Lipanshan basins in Early Cretaceous

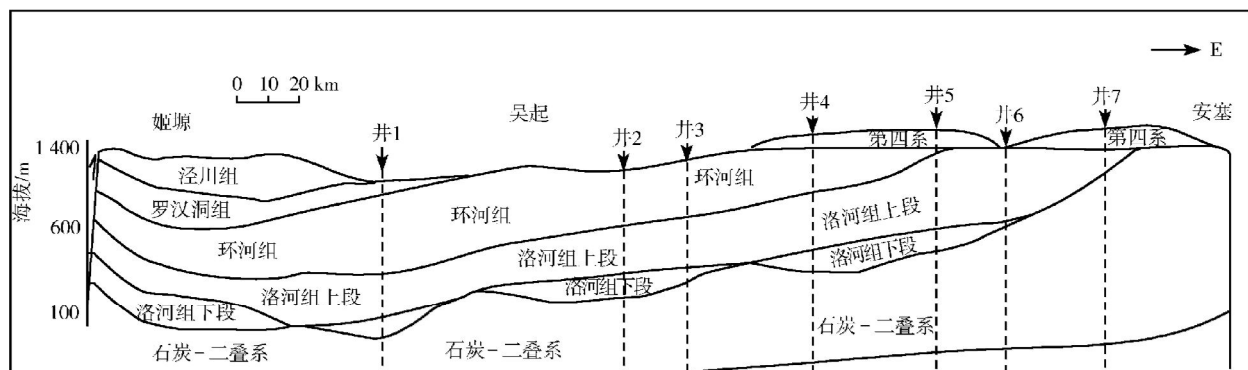


图 4 鄂尔多斯盆地北部东西向白垩系剖面及盆地结构模式

Fig. 4 Eastwest section of Cretaceous and structural pattern in northern Ordos basin

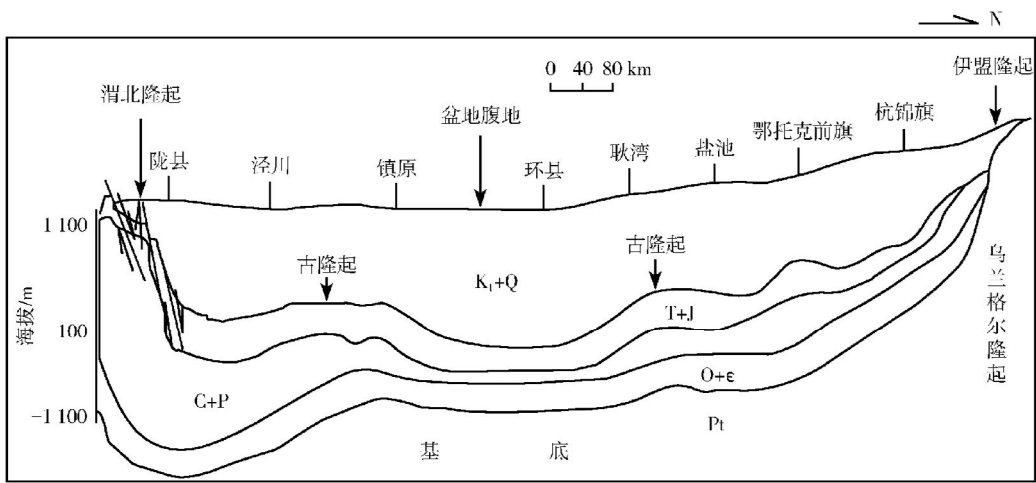


图 5 南北向剖面中恢复的鄂尔多斯盆地白垩系盆地结构形态

Fig. 5 Architectural geometry of Cretaceous basin in Ordos basin reconstructed on the north-south section

上述特征反映, 侏罗纪末期—早白垩世, 燕山运动曾使得鄂尔多斯盆地周边经历了不同的构造应力, 升降作用不均衡, 导致盆地西倾, 边缘斜坡东缓西陡, 沉降中心明显西移, 盆地基本形态为东

鄂尔多斯盆地以南北向为主轴方向, 形成东高西低的非均衡不对称盆地, 西岸陡倾、东部和南部相对平缓, 盆地内基底台坳相间, 起伏不平。这种盆地结构形态和古地理面貌直接影响沉积特征、岩

选较差, 胶结致密。而在鄂托克前旗和耿湾一带以冲积扇相砂岩、含砾砂岩及细砾岩透镜体为主, 但砂岩中夹有较厚的薄层泥岩及泥岩透镜体, 说明有湖相沉积夹层。继续向南到环县和泾川地区, 完全进入盆地腹地深湖相, 砂岩厚度明显减薄, 以泥岩沉积为主, 厚度大于 1 000 m。同样, 环河华池组的岩性组分和颗粒结构也呈北粗南细、外粗内细, 西粗东细, 北部砂岩以碳酸盐胶结物为主, 南部为硫化物和碳酸盐胶结, 地层厚度西厚东薄, 沉积地层厚度以及相带的变化均受盆地形态和构造运动的影响。

4 沉积建造特征

侏罗纪末期—早白垩世, 在燕山运动作用下,

南北向串珠式分布的数个次级沉积中心。这种不对称的盆地结构形态严格控制了沉积建造特征。

在下白垩统地层剖面上, 构造运动旋回式非均衡抬升与下降, 造成了洛河期沙漠—环河华池期湖泊, 罗汉洞期沙漠—泾川期湖泊相两个大的湖进湖退旋回沉积序列, 洛河和罗汉洞组风成砂为主要储层, 环河华池和泾川湖侵期泥岩为区域性隔层。由砂泥层韵律变化、砂体和泥岩的发育厚度、形态和伸展范围、空间叠置关系以及侧向迁移规律取决于三角洲的进积退积以及湖进湖退演化速度、运动幅度和持续时间^[16-17]。

参 考 文 献

1 长庆油田石油地质志编写组. 长庆石油 (中国石油地质志卷十

- 二) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1992
- Petroleum geology of Changqing oil field writing group. Changqing oil field (Chinese petroleum geology Vol 12) [M]. Beijing Petroleum Industry Press 1992
- 2 孙永明, 乔光东. 鄂尔多斯白垩系自流盆地地下水系统初步分析 [A]. 见: 侯光才, 张茂生. 鄂尔多斯盆地地下水资源与可持续利用 [C]. 西安: 陕西科技出版社, 2004 52~ 71
Sun Yongming Qiao Guangdong The initial analysis of underground water system during Cretaceous in artesian basin of Ordos [C]. In: Hou Guangcai Zhang Maosheng Groundwater resources and sustainable use in Ordos basin [M]. Xi'an Shaanxi Science and Technology Press 2004 52~ 71
 - 3 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003 109~ 133
He Zixin Evolution and oil or gas of Ordos basin [M]. Beijing Petroleum Industry Press 2003 109~ 133
 - 4 陕西省地质矿产局. 陕西省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998 253~ 260
Bureau of Geology & Mineral Resources of Shaanxi province Lithostratigraphy of Shaanxi Province [M]. Wuhan China University of Geosciences Press 1998 253~ 260
 - 5 郝诒纯. 中国的白垩系 [M]. 北京: 地质出版社, 1986
Hao Yichun Cretaceous of China [M]. Beijing Geological Publishing House 1986
 - 6 程守田, 李思田, 黄焱球, 等. 风成沉积体系——鄂尔多斯盆地地下白垩统风成沉积与内陆古沙漠环境 [A]. 见: 李思田. 含能源盆地沉积体系 [C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996 138~ 147
Cheng Shoutian Li Sitian Huang Yanqiu et al Aeolic sedimentary system: aeolic sedimentary and inland ancient desert environment during Lower Cretaceous in Ordos basin [A]. In: Li Sitian Sedimentary system in basin of containing resources [C]. Wuhan China University of Geosciences Press 1996 138~ 147
 - 7 杨友运. 鄂尔多斯盆地地下白垩统沉积特征与展布规律研究 [A]. 见: 侯光才, 张茂生. 鄂尔多斯盆地地下水资源与可持续利用 [C]. 西安: 陕西科技出版社, 2004 139~ 145
Yang Youyun Sedimentary feature and deployment method research during Lower Cretaceous in Ordos basin [A]. In: Hou Guangcai Zhang Maosheng Groundwater resource and continuance utilization in Ordos basin [C]. Xi'an Shaanxi Science and Technology Press 2004 139~ 145
 - 8 陕西省地质矿产局. 陕西省区域地质志 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991
Bureau of Geology & Mineral Resources of Shaanxi Province Regional geology in Shaanxi province [M]. Wuhan China University of Geosciences Press 1991
 - 9 宁夏回族自治区地质矿产局. 宁夏回族自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1990
Bureau of Geology & Mineral Resources of Ningxia Hui Autonomous Region Regional geology in Ningxia municipality [M]. Beijing Geological Publishing House 1990
 - 10 刘光鼎, 冯福闯, 王庭斌, 等. 中国油气盆地研究及评价 [J]. 石油与天然气地质, 1989, 10(4): 378~ 392
Liu Guangding Feng Fukai Wang Tingbin et al Research and evaluate of petroleum basin in China [J]. Oil & Gas Geology, 1989, 10(4): 378~ 392
 - 11 甘肃省地质矿产局. 甘肃省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989
Bureau of Geology & Mineral Resources of Gansu Province Regional geology in Gansu Province [M]. Beijing Geological Publishing House 1989
 - 12 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1991
Bureau of Geology & Mineral Resources of Inner Mongolia Autonomous Region Regional geology in Inner Mongolia Autonomous Region [M]. Beijing Geological Publishing House 1991
 - 13 杨友运. 印支期秦岭造山活动对鄂尔多斯盆地延长组沉积特征的影响 [J]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(5): 7~ 10
Yang Youyun Influence of Qinling orogenic movements in Indochinese epoch to sedimentary characteristics of Yanchang Formation in Ordos basin [J]. Coal Geology and Exploration, 2004, 32(5): 7~ 10
 - 14 周鼎武, 赵重远, 李银德, 等. 鄂尔多斯盆地西南缘地质特征及其与秦岭造山带的关系 [M]. 北京: 地质出版社, 1994
Zhou Dingwu Zhao Chongyuan Li Yinde et al Relation of geologic feature in southwest margin of Ordos basin and Qinling orogenic belt [M]. Beijing Geological Publishing House 1994
 - 15 王明明, 李本亮, 魏国齐. 柴达木盆地东部第四系水文地质条件与生物气成藏 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 341~ 345
Wang Mingming Li Benliang Wei Guoqi Quaternary hydrogeology condition and reservoiring of biogenic gas in eastern Qaidam Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(4): 341~ 345
 - 16 冯乔. 吐哈盆地温吉桑现代水文地质条件与油气聚集 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(3): 224~ 227
Feng Qiao Modern hydrogeological conditions and oil-gas accumulation in Wenjisang Turpan-Hami basin [J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(3): 224~ 227

(编辑 李树森)