

鄂尔多斯盆地中部上古生界沉积相演化

张晓莉

(长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] 利用钻井资料和地质资料对鄂尔多斯盆地上古生界沉积相演化进行详细的研究, 分析了本溪期(海侵)、太原期(海侵扩大)、山西期(海退)、石盒子期(海陆交互)和石千峰期(陆缘湖泊)等5个时期的古地理环境、岩石类型、沉积相类型和平面展布特征, 得出这5个时期在盆地内构成了一个海侵海退旋回, 形成了从滨浅海相到海陆过渡的三角洲相、河流湖泊相陆源沉积。控制生成了三角洲相分流河道砂砾岩、水下分流河道砂砾岩以及潮坪相砂坝等有利储集岩带。潮坪相发育的煤系地层为烃源岩, 上石盒子组洪泛平原形成泥质岩盖层。生油岩和储集岩叠置或互层式组合关系形成本区受砂体分布控制的岩性气藏。

[关键词] 鄂尔多斯盆地; 沉积相; 沉积演化; 生储盖组合

[中图分类号] P618.130.2 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)03-0026-04

[作者简介] 张晓莉(1970-), 女, 陕西华县人, 讲师, 从事石油地质教学与研究。

鄂尔多斯盆地上古生界至2000年已发现14个气田(藏), 其中13个气田(藏)的储层为砂岩^[1~2]。本区上古生界地层沉积相演化及沉积体系的展布, 对于气藏生储盖组合占主导控制作用。据对鄂尔多斯盆地中部陕102, 114, 115, 118, 123, 131, 132, 137, 138, 141, 143, 146~149, 152, 165, 168, 176, 179, 188, 191, 197~199等25口井的岩心观察、岩石类型(表1)、沉积结构和构造、沉积地球化学、沉积韵律、沉积旋回及岩电组合资料的综合分析, 结合沉积相理论, 总结出这种控制作用下生储盖组合的基本模式。

表1 鄂尔多斯盆地中部上古生界地层
Table 1 Upper Palaeozoic formation in Ordos loain middle area

地层			主要岩性	d/m	主要沉积相
二叠系	上统	石千峰组	泥质岩、砂岩, 盆地南缘夹海相层	150~300	近海湖泊
		上石盒子组	泥质岩夹砂岩	100~350	湖泊
	下统	下石盒子组	砂泥岩互层	20~220	河流
		山西组	砂泥岩夹煤层	20~140	三角洲及潮坪
石炭系	上统	太原组	砂岩、泥质岩夹煤层和碳酸盐岩	50~400	潮坪
	中统	本溪组	页岩夹碳酸盐岩	0~560	泻湖及潮坪
		∴	∴	∴	∴

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地位于华北地台边缘, 是一个多构造体系、多旋回演化、多沉积类型的克拉通盆地。盆地经历了中晚元古代的坳拉谷发展阶段、早古生代浅海台地发展阶段, 至晚古生代进入滨海平原阶段, 在此期间经历了从海到陆、从河到湖、从潮湿到干旱的古地理演化过程, 沉积了一套滨浅海相、三角洲相、近海湖泊至河流相含煤碎屑岩^[3, 4]。所沉积的上古生界地层包括中上石炭统本溪组、太原组、二叠系山西组、下石盒子组、上石盒子组、石千峰组6个组地层, 全区缺失下石炭统, 本溪组假整合在奥陶系灰岩剥蚀面上。其沉积体系类型主要有河流沉积体系、三角洲沉积体系、湖泊沉积体系和海岸沉积体系, 各沉积体系特征已另文发表。其过渡相沉积由三角洲和近海湖泊沉积物组成, 出现于太原组顶部、山西组、下盒子组。陆相沉积由河流和湖泊沉积物组成, 出现于上石盒子组、石千峰组。

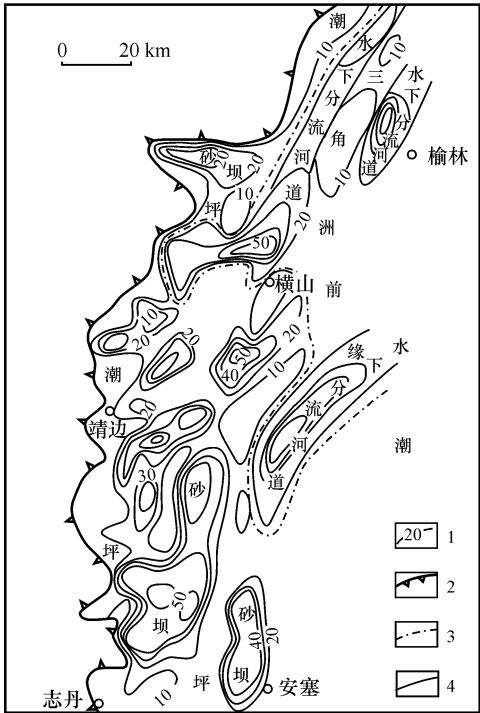
2 沉积相演化及平面展布特征

根据各时期的不同沉积特征, 可以将本区的古地理演化分为5个阶段。

2.1 中石炭世本溪期沉积演化及平面展布

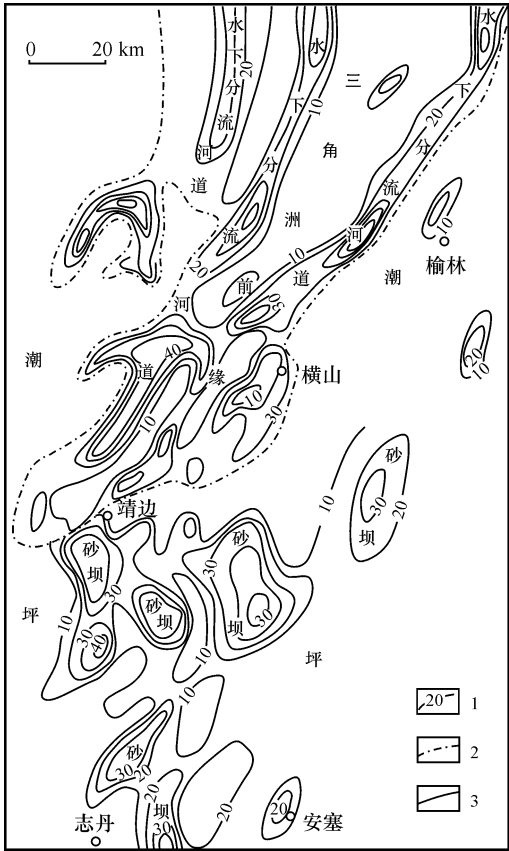
中石炭世早期(本二), 鄂尔多斯盆地沉积区在加里东期碳酸盐岩侵蚀面基础上发生了古生代以来的第二次海侵。当时本区古地理呈北高南低、中部高东西低侵蚀岩溶地貌特点, 海水首先进入地势较低洼的东部米脂、绥德地区, 然后扩展至志丹—靖边一线的整个东部地区。本区沉积了一套深灰-灰黑色铝土质泥岩, 厚 0~10 m, 水平纹层发育, 生物搅动明显, 为浅水沉积环境的潮下带产物。

中石炭世晚期(本一), 在早期地壳快速整体下降的背景下, 海水入侵, 形成了基底波状起伏的局限浅海环境。此时志丹—靖边一线的西部仍为隆起区, 北部伊盟隆起区和阴山隆起区抬升, 研究区东北部有河流活动, 河流夹带大量泥砂频繁进入海盆, 沉积了一套含砾粗砂岩和中砂岩, 砂体厚 2~18 m, 形成了近北东向分布的水下分流河道沉积。志丹—靖边线以东的中南部由于波浪作用, 分流河道砂被改造形成了一些砂坝。砂坝周围大部分区域为潮坪环境的泥岩及砂质泥岩, 沉积构造具有潮坪环境的相序特征, 顶部有煤层(图 1)。



1 - 砂岩厚度等值线; 2 - 地层缺失界线; 3 - 亚相界线; 4 - 微相界线

图 1 鄂尔多斯盆地中部中石炭统本溪组本一段沉积相



1 - 砂岩厚度等值线; 2 - 亚相界线; 3 - 微相界线

图 2 鄂尔多斯盆地中部上石炭统太原组太二段沉积相

Fig. 2 Sedimentary facies map of Taiyuan Formation 2 member of upper Carboniferous in Ordos Basin middle area

2.2 晚石炭世太原期沉积演化及平面展布

晚石炭世早期(太二)海侵逐步扩大, 西部隆起区和中央古隆起已淹没水下, 形成靖边以北为三角洲沉积, 靖边以南为潮坪沉积, 属稳定海岸沉积。构造运动微弱, 基底平缓, 水动力条件较弱, 物源供给少。北部水下分流河道仍大致为北北东向, 呈鸟足状向南伸入潮坪中, 岩性为砂泥岩薄互层, 主要有 3 个分支(图 2)。南部的潮坪沉积主要为潮间、潮下带的灰岩、泥岩, 还有潮上泥炭坪的煤层, 此外还有些砂坝, 南北向展布。

晚石炭世早期末发生部分海退, 使区内海水变浅, 成为潮上泥炭坪, 普遍沉积一套炭质泥岩夹煤沉积, 横向上分布较稳定, 煤层厚度分布不均, 南厚北薄。

晚石炭世晚期(太一)又开始发生海侵, 海水淹没了乌兰格以南的整个鄂尔多斯全区, 为整个石炭纪的最大海侵时期。沉积格局与早期相似, 北部为三角洲, 南部为潮坪沉积。三角洲规模有所减

少,砂体也不如前期发育,其展布除北部水下分流河道外,在中部灰岩间夹一些小的孤立砂坝,南部几乎无较厚砂体,主要为清水环境的局部开阔海碳酸盐岩沉积。

2.3 早二叠世早期山西期沉积演化及平面展布

晚石炭世末,由于华力西运动影响,海水从整个研究区逐渐退出,山西组是在太原组之后的海退期沉积的。山西组早期(山二),由于北部伊盟隆起区和阴山古陆剥蚀夷平,区内地形较平缓,气候炎热潮湿,与太原组沉积时差别不大,泥炭沼泽广布,发育三角洲平原^[5]。分流河道和分流间沼泽是其主体沉积,有 3 条河流从北部流入盆地:西侧靖边附近一条,规模大,向南延伸远;中部横山附近一条,规模中等;东侧榆林附近一条,规模最小。

山西组晚期(山一),北部隆起区抬升强烈,大量粗碎屑进入盆地,岩石类型为含砾粗砂岩和砾岩。研究区北部为分流河道和洪泛平原,分流河道主要变为西侧靖边附近和东侧榆林附近。研究区南部,由于河流带入区内的水量增多,部分地区积水而成湖泊,河流入湖成了水下分流河道,形成了三角洲前缘,二叠系湖泊三角洲开始形成(图 3)。

2.4 早二叠世晚期石盒子期沉积演化及平面展布

下石盒子期,华力西运动强烈,表现为伊盟隆起的大幅度抬升,河流作用复又加强,碎屑供给显著增加,下部沉积物普遍出现 3~5 层厚层状含砾砂岩,表明本区以近源辫状河-曲流河-三角洲为代表的沉积环境又有了一个相当时期和规模的发展。此时湖岸线在靖边一带,北部为三角洲平原,南部为三角洲前缘,由于气候变得干燥,沉积物多被氧化,普遍呈棕红色外貌,岩性主要为下部为中-厚层状岩屑石英砂岩、岩屑砂岩夹杂色泥岩,向上变为砂泥互层,砂岩成分成熟度低,储集物性差。

上石盒子期,盆地基底略有下降,湖岸线向北推进,在区内形成大面积的滨浅湖和洪泛平原沉积。由于气候更趋炎热干燥,在经历一段不十分明显的曲流河沉积之后,滨浅湖进入半干旱浅水湖泊发育阶段,沉积了一套以紫红色泥岩、粉砂质泥岩、粘土岩为主的低能沉积环境产物(图 4)。

2.5 晚二叠世石千峰期沉积演化

晚古生代经历上述各期的持续充填后,至石千峰期已基本被充淤填满,沉积基面逐渐上升,表面高差消失,早期发育的河道体系也逐渐退化、沉积物往往以洪水注入湖盆,水流方式以无形漫流为



1 - 砂岩厚度等值线 2 - 亚相界线; 3 - 微相界线

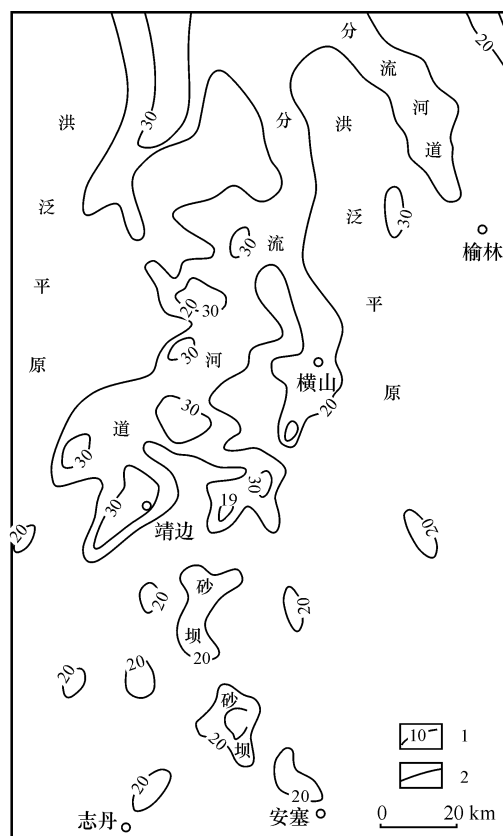
图 3 鄂尔多斯盆地中部下二叠统山西组山一段沉积相

Fig.3 Sedimentary facies map of Shanxi Formation 1 member of lower Permian in Ordos Basin middle area

主,因此该期沉积环境为间歇性干旱湖泊。由于气候更趋炎热干燥,沉积物颜色多由暗红变为紫红,泥质岩沉积物中普遍含砂质及铁、钙质结核,表明属干燥和极浅水环境的产物。又因为沉积物中未发现暗色纯泥岩这种典型湖泊所特有产物,也表明本区晚古生代由海到陆的演化过程中,湖泊环境达到成熟阶段,并且属于陆缘近海湖泊相沉积。

3 沉积相演化与气藏的关系

气藏的形成需要有烃源岩、储集层和沉积盖层的有利组合,而有利组合又受沉积演化制约。鄂尔多斯盆地中部地区石炭—二叠系烃源岩主要为煤岩。自本溪组开始,广泛发育的滨浅海沉积,气候温暖潮湿,动植物发育,海陆生物并存,森林密布,沼泽遍地,为上古生界盆地天然气生成奠定了物质基础,其中,成烃母质中起源于陆地植物的腐殖型干酪根具有重要地位。晚古生代煤系烃源岩的发



1—砂岩厚度等值线; 2—微相界线

图4 鄂尔多斯盆地中部上二叠统上石盒子组沉积相

Fig.4 Sedimentary facies map of upper Shihezi Formation of upper Permian in Ordos Basin middle area

育可分为4个阶段,第1期为中石炭世本溪期,由中央古隆起分割的东西两个海盆,由于沉降幅度差异,分别处于滨浅海相沉积和潮坪泻湖相沉积,均为重要的含煤岩系;第2期为晚石炭世太原期,海侵扩大,中央古隆起淹没,整个海盆连通,形成统一的以含煤为特征的滨海相沉积;第3期为早二叠世山西期,海水开始退出,形成沼泽煤系沉积间夹浅海相石灰岩的海陆交互相沉积;第4期为早二叠世下石盒子期,海水退出北方大陆,中央隆起消失,转入内陆河流、三角洲及湖泊沉积,盆地北高南低、北部为河流三角洲含煤体系,南部为湖沼含煤体系。由此4期煤系地层演化构成了鄂尔多斯盆地及邻区中石炭—下二叠统的第3套烃源岩。

鄂尔多斯盆地上古生界储层沉积相主要包括潮坪砂坝、三角洲平原分流河道、三角洲前缘水下分流河道及滨浅湖滩砂及砂砾滩。储层砂体横向变化大,连通性差。岩石成分主要为石英砂岩、岩屑砂岩、岩屑石英砂岩,碎屑颗粒分选中等,填隙物

为钙质、硅质和各种泥质矿物,胶结类型以再生孔隙式为主。孔隙结构随相带不同变化较大,具有大连通孔隙半径差异大、平均孔喉半径小、有效孔隙体积小等特点。岩石碎屑组分由北部隆起区不同母岩提供,不同时期存在多条水系,所以形成不同时期同一地区,或同一时期不同地区堆积的砂体成分差异较大,总体上,石炭—二叠系自下而上在同一地区砂岩的成分成熟度和结构成熟度都显示出由高到低的趋势^[9]。

鄂尔多斯盆地晚古生代砂体分布格局总体表现为:本溪组在盆地东北角的三角洲前缘水下分流河道砂最为发育,成分成熟度高,物性好;太原组东北部砂体延伸范围扩大,太二段由于陆源物供应丰富,砂体发育最好;早二叠纪早期砂体南延,到早二叠纪晚期,砂体南延已抵志丹—延川一带,达到鼎盛。砂体分布的具体位置可见图1~图4。

鄂尔多斯盆地的盖层主要为上石盒子组上部大套泥质岩段,累计厚度可超过200 m,其物性参数为:气体绝对渗透率为 $10^{-7} \sim 10^{-8} \mu\text{m}^2$,饱和空气条件下的突破压力为1.5~2.0 MPa,物性封闭性能较强。

由沉积相演化所控制的鄂尔多斯盆地上古生界地层,在后期的成岩演化过程中,较少受构造作用的影响,仅在西缘形成一些构造性油气藏,因此空间性、时间性和物质性都决定了鄂尔多斯盆地上古生界地层生储盖的有利组合,而这种生储盖组合所形成的气藏主要为岩性气藏,其次为构造气藏。

参考文献

- [1] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [2] 汪正江, 陈洪德, 张锦泉, 等. 鄂尔多斯盆地二叠纪煤成气成藏特征[J]. 矿物岩石, 2002, 22(3): 47~52.
- [3] 钱锋, 艾永峰. 鄂尔多斯南部地区早古生代主动大陆边缘演化特征[J]. 西安工程学院学报, 2002, 24(1): 18~21.
- [4] 王平, 周义, 李海钡. 靖安油田北区局部构造与石油富集关系研究[J]. 长安大学学报(地球科学版), 2003, 25(4): 10~13.
- [5] 杨仁超, 韩作振, 李文厚, 等. 鄂尔多斯地区二叠系三角洲沉积特征及其模式[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2004, 34(3): 340~344.
- [6] 肖建喜. 鄂尔多斯盆地西缘北段上古生界储集层研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2003, 33(2): 201~204.

(下转第37页)

- 水资源的计算[J] . 干旱区资源与环境, 1997, 11(4): 1~7.
- [5] 李志安. 我国干旱区大型盆地水文地质特征研究[J] . 兰州铁道学院学报, 1995, 14(2): 59~66.
- [6] 新疆地质矿产局第一水文地质工程地质大队. 新疆天山北麓山前平原(西段) 及吐鲁番哈密盆地地下水资源与开发利用研究报告[R] . 乌鲁木齐: 新疆地质矿产局第一水文地质工程地质大队, 1986.
- [7] 乔晓英, 王文科, 杨泽元, 等. 乌鲁木齐河流域水资源转化关系及其生态环境效应[A] . 李佩成, 王文科, 裴先治. 中国西部环境与可持续发展国际学术研讨会论文集[C] . 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [8] 新疆地质矿产局第二水文地质工程地质大队. 天山北麓山前平原(乌鲁木齐河—玛纳斯河流域) 三水转化特征及水资源合理利用开发利用研究[R] . 新疆昌吉: 新疆地质矿产局第二水文地质工程地质大队, 1990.
- [9] 李文鹏, 郝爱兵. 中国西北内陆干旱区地下水形成演化模式及其意义[J] . 水文地质工程地质, 1999, 26(4): 28~32.
- [10] 魏忠义. 天山北坡水资源开发对地下水资源的影响及其合理利用[J] . 干旱区资源与环境, 1992, 6(2): 55~62.
- [11] 王雁林, 王文科, 杨泽元, 等. 渭河流域陕西段水资源与生态环境保护[J] . 地球科学与环境学报, 2004, 26(1): 79~84.
- [12] 潘世兵, 王忠静, 曹丽萍. 西北内陆盆地地下水循环模式及其可持续利用[J] . 地理与地理信息科学, 2003, 19(1): 51~54.
- [13] 陈友媛, 周聿超. 利用水资源管理模拟模型研究乌鲁木齐河流域地表水与地下水的转换[J] . 干旱区资源与环境, 1996, 10(3): 43~48.

Storage water structure modes and water cycle characteristic on Tianshan Mountain foot

QIAO Xiaoying¹, WANG Wenke¹, CHEN Ying², WANG Jie¹, HAN Jinping¹, LIANG Xufeng¹

(1. School of Environmental Sciences and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Expressway Consulting Company of Shaanxi, Xi'an 710054, China)

Abstract Based on topography, landforms and geology structure of controlling groundwater information, five storage water structure modes on the foot of Tianshan Mountain, such as series beads mode, cover up series beads mode, intermittent ridge mode, continuous mode and valley mode are discussed different water cycle styles based on precipitation, surface water and groundwater (soil water) are proposed. The reasonable exploration, utilization and protect of water resources are offered.

Key words storage water structure; water cycle; three water transformation; exploration and utilization modes; Tianshan Mountain foot

[英文审定: 马致远]

(上接第 29 页)

Sedimentary facies evolution of Upper Palaeozoic formation in Ordos Basin

ZHANG Xiao li

(School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract This study of sedimentary facies evolution of the Upper Palaeozoic formation is based on drilling and geological information. It analyses palaeogeographic environment, rock type, sedimentary facies type and distribution in the Benxi Stage (incursion), Taiyuan Stage (incursion spread), Shanxi Stage (regression), Shihezi Stage (paralic) and Shiqianfeng Stage (continental lacustrine). As a result, these five stages formed a transgression and regressive cycle including from coastal facies to delta facies, fluvial facies and lacustrine facies of continental sedimentary in marine continental transition, and controlled the formation of the favorable reservoir facies which comprised delta facies, distributary channel, pschopholite, submerged distributary channel, pschopholite and tidal flat facies bar. The hydrocarbon source rocks is coal bearing strata in the tidal flat facies. The caprock is related to shaly rocks in the flood plain. The complicated overlapping and juxtaposition between the source and reservoir rocks caused the formation of lithologic gasses, which was largely controlled by sandbody distribution.

Key words Ordos Basin; sedimentary facies; sedimentary evolution; source reservoir cap rock combinations

[英文审定: 周军]