

文章编号: 0253-9985(2011)03-0388-09

鄂尔多斯地区东北部大牛地气田山西组沉积相

张广权¹, 陈舒薇¹, 郭书元²

(1. 中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083 2 中国石化 华北石油局, 河南 郑州 450006)

摘要: 应用宏观与微观地质证据相统一的沉积相分析方法, 对研究区 300 余口井的录井、测井资料进行解释和对比, 同时结合岩石组合、沉积构造、剖面结构、测井相组合以及华北地区晚石炭世—早二叠世克拉通盆地区域地质背景, 分析了山西组的岩性组合及展布特征。研究认为, 山西组一段沉积期为陆表海沉积环境, 海相化石是有力的证据, 同时研究区曾经经历海侵, 沉积了滨海三角洲体系; 山西组二段沉积期为陆表海向陆内拗陷的转换期, 满蒙洋壳向华北板块俯冲加剧, 板块北部继续翘起, 研究区内海水基本退出, 因此山西组二段沉积了近海三角洲体系。山西组一段以陆表海的三角洲前缘沉积为主, 主要发育水下分流河道、水下分流间湾和泥炭沼泽; 山西组二段以三角洲平原沉积为主, 主要发育分流河道、分流间湾。通过有利区带分析, 确定了水下分流河道、分流河道的下部为有利的储集相带。

关键词: 分流河道; 三角洲沉积体系; 储集相带; 陆表海; 大牛地气田; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

Sedimentary facies of the Shanxi Formation in Daniudi gas field, northeastern Ordos area

Zhang Guangquan¹, Chen Shuwei¹ and Guo Shuyuan²

(1. SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China;

2. North China Petroleum Bureau, SINOPEC, Zhengzhou, Henan 450006, China)

Abstract Based on interpretation and correlation of logging data over 300 wells and in combination with rock assemblage, sedimentary structure, profile structure, electrofacies combinations and the regional geological settings of the Late Carboniferous–Early Permian carbon basin in North China, this paper analyzes the lithologic association and distribution characteristics of the Shanxi Formation by using the sedimentary facies analysis technique that unifies macroscopic and microscopic geological evidence. The first member of Shanxi Formation was deposited in an epicontinental environment as evidenced by marine fossils. The study area experienced marine transgression, leading to the deposition of shore delta systems. The second member of Shanxi Formation was deposited during the transition from epicontinental sea to intracontinental depression, when the subduction of Manchuria and Mongolia oceanic crust to the North China plate intensified and the tilting of the northern part of the plate continued, leading to the almost complete regression of sea water from the study area and the deposition of off shore delta system. The first member of Shanxi Formation is dominated by epicontinental sea delta front deposits and its sedimentary facies mainly include underwater distributary channel, bay between underwater distributary channels and peat swamps. In contrast, the second member is dominated by delta plain deposits and its sedimentary facies mainly include distributary channel and bay between distributary channels. The underwater distributary channel and the lower distributary channel are favorable reservoir facies.

Key words distributary channel; delta deposition system; reservoir facies; epicontinental sea; Daniudi gas field; Ordos Basin

收稿日期: 2011-01-10

第一作者简介: 张广权 (1979–), 男, 工程师, 石油与天然气开发。

基金项目: 中国石化油田部开发先导项目 (G5800-08-ZS-YTB029)。

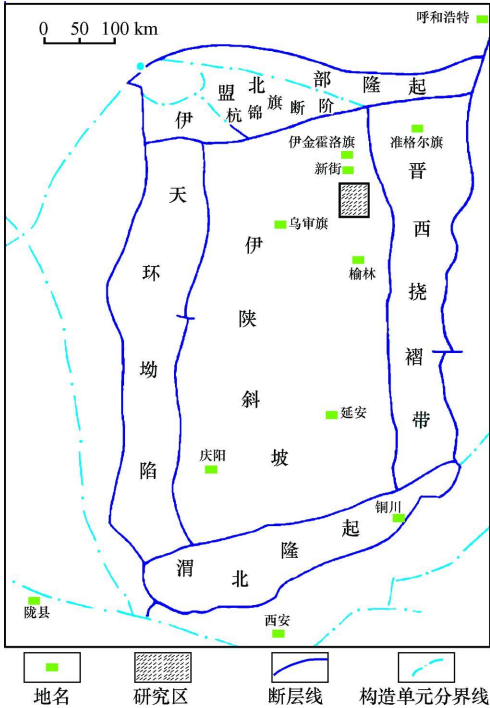


图 1 大牛地气田位置

Fig. 1 Location of Daniudi gas field

大牛地气田位于鄂尔多斯地区东北部陕—蒙交界处,主体跨内蒙古伊金霍洛旗与陕西榆林市,西南部属内蒙古乌审旗东北部(图 1)。山西组由砂岩、泥岩夹煤层组成,下部常夹海相泥岩。与下伏的太原组地层和上覆的下石盒子组地层均为整合接触,时代为中二叠世。笔者通过研究认为山西组属于海相三角洲沉积体系,其中山西组一段为滨海三角洲沉积,以三角洲前缘为主;山西组二段为近海三角洲沉积,以三角洲平原为主。而以前研究者多数认为区内山西组属于湖相三角洲沉积体系,近南北向展布的砂体为(水下)分流河道沉积^[1-3]。

1 区域地质背景

华北早古生代克拉通于晚奥陶世整体抬升后,寒武—奥陶系碳酸盐岩遭到长达 110 Ma 的风化剥蚀,至晚石炭世早期近准平原化。当时华北克拉通南北两侧翘升,北部是阴山隆起,南部为秦岭—伏牛—大别—胶辽隆起,西部有杭锦旗—环县低隆起,向西隔贺兰海湾与阿拉善相望,东为大洋,呈向东敞开、西高东低的箕状盆地。华北早古生代克拉通盆地受加里东中期运动影响,于奥陶纪末整体抬升,直至晚石炭世早期近准平原化,沉积了本溪—太原组的砂岩、泥岩、灰岩、铝土岩和煤

层沉积。太原期末到山西组一段沉积期末,发展为跨越陆表海滨岸—海岸平原沉积环境,沉积含有海相动物化石和矿物的泥岩。山二段沉积期是盆地转换期,由于满蒙洋洋壳俯冲加剧,盆地北缘翘升加剧,海水基本退出盆地中区,盆地中、北部为冲积平原、海岸平原沉环境格局。区内处于海岸平原沉积环境,其上发育三角洲体系。山西组的沉积物主要是由碎屑岩夹煤层或碳质泥岩组成,山一段含煤层,系稳定的构造—沉积过程控制而形成的大面积的有机堆积环境的盆控型泥炭沼泽沉积,山二段夹碳质泥岩^[4-8]。

2 山西组岩性组合及展布特征

山西组岩性组合主要为灰、浅灰色砂岩、深灰、灰黑色泥岩,夹灰黑色炭质泥岩,呈下粗上细的多个正旋回(图 2)。

2.2 山 1 段

灰色砂岩与深灰、黑灰色泥岩、黑色碳质泥岩不等厚互层,夹煤层,是山西组的主要含煤段。泥岩中常见植物化石,而大 12 井 2 813.55 m 和大 3

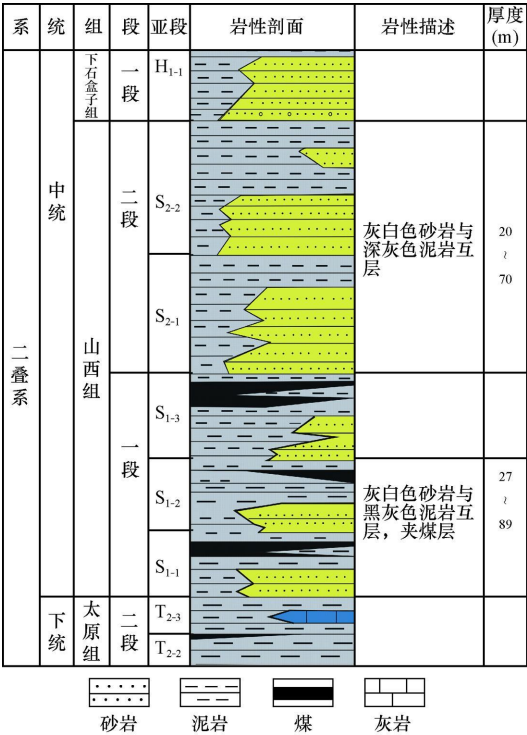


图 2 大牛地气田山西组地层划分柱状图

Fig 2 Stratigraphic column of the Shanxi i Formation in Daniudi gas field

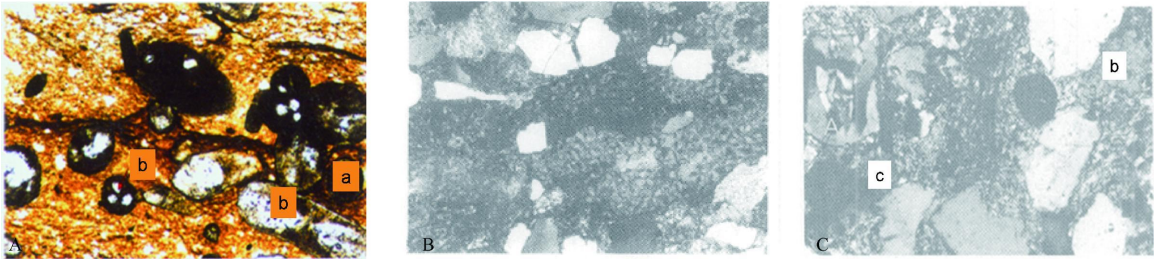


图 3 大牛地气田山西组薄片照片

Fig 3 Thin section pictures of the Shanxi Fomation in Daniudi gas field

A. 海百合 (a)和有孔虫 (b), 大 12 井; B. 富镁菱铁矿岩纹层, 大 8 井; C. 无铁白云石 (c)和铁白云石 (b), 大 3 井

井山 1 段发现海百合、有孔虫骨屑泥岩, 其中含有孔虫 (含始瘤虫 *Eotuberitina*) 和海百合茎碎片化石 (图 3A), 表明该泥岩沉积时与海水有关; 另外, 山 1 段下部泥岩中普遍发现灰黑色泥晶结构条带状构造的菱铁矿岩, 电子探针分析表明菱铁矿富镁, MgO 含量 0.3% ~ 7.8%, 如大 8 井 2 688.53 m (图 3B); 在大 3 井山 1 段 (2 781.01 m) 砂岩的基质中发现铁白云石和无铁白云石 (图 3C); 无论是富镁菱铁矿岩还是砂岩基质中的白云石, 由于淡水中镁的含量极低, 一般小于 $1 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$, 平均 4×10^{-6} , 不能提供较多的 Mg^{2+} , 只有富含镁的海水 (镁含量约 0.13%) 才能提供较多的 Mg^{2+} , 使菱铁矿富镁, 促使白云石形成, 说明其沉积环境与

海水有关^[9-11]。上述迹象表明, 本区山 1 段沉积环境为滨海平原, 经常受潮汐海水的侵扰, 说明该时期有海侵发生, 相当于沉积太原西山剖面山西组北岔沟段海相泥岩的海侵。其岩性组合大致由砂岩—泥岩—煤层和泥岩组成 3 个旋回, 因此自下而上分为 3 个亚段, 厚 27~ 89 m。

2.2 山 2 段

灰、深灰、黑灰色泥质岩与灰色砂岩、含砾粗砂岩, 少量细砾岩不等厚互层, 有时夹炭质泥岩。其岩性组合由砂岩—泥岩组成两个组合, 因此, 将该组自下而上划分为两个亚段, 厚 20~ 70 m。以山 2-1 亚段为例分析岩性的展布 (图 4), 下部为 1~ 2

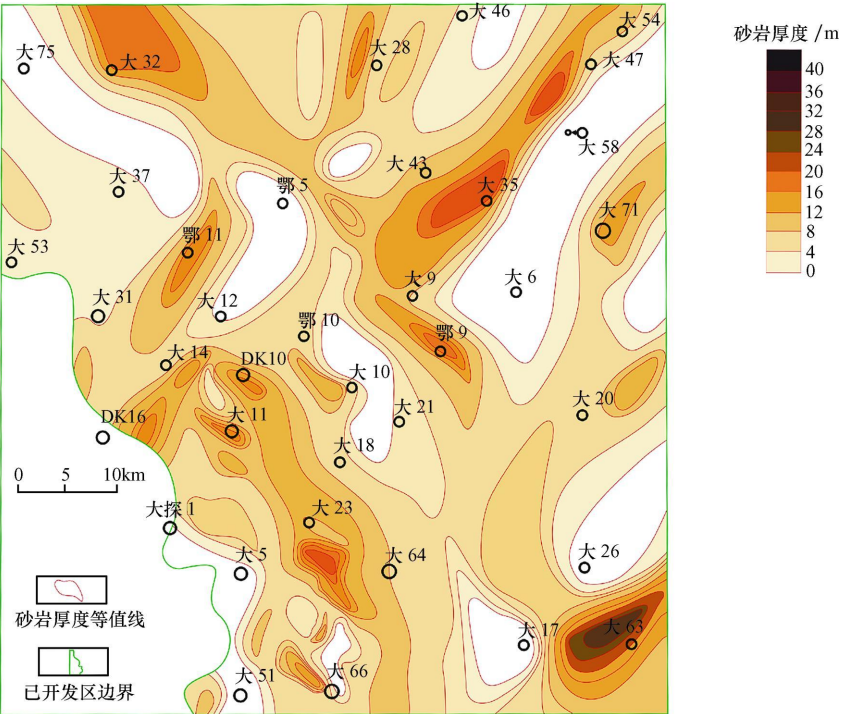


图 4 大牛地气田山西组 S2-1 段砂岩展布

Fig. 4 Map showing distribution of sandbodies in S2-1 member of the Shanxi Formation in Daniudi gas field

层厚层砂质岩, 横向可变为泥质岩夹砂岩, 上部为厚层泥质岩, 有时夹粉、细砂岩。砂岩以中、粗砂岩为主, 细砂岩、含砾砂岩少量, 砂屑成分石英含量 60% ~ 85%, 以 70% ~ 80% 为主, 岩屑为 5% ~ 30%, 25% ~ 30% 常见, 分选中- 好, 次棱状, 多为孔隙式胶结; 砾石成分石英为主, 燧石次之, 少量岩浆岩和变质岩, 粒径 2~ 5 mm, 最大 20 mm, 浑圆状, 常见泥岩角砾和煤屑, 局部地区砂岩不发育。

3 山西组沉积体系与沉积相划分

3.1 沉积构造特征

通过对研究区取心井的岩心观察和精细描述, 岩心中保存的沉积构造主要有流动成因构造和同生构造, 这是分析判断沉积相最重要的标志。

1) 冲刷面

是该组砂岩中常见的层面构造, 如大 4 井, 山一段底部的冲刷面, 上部为砂砾岩、下部为泥岩沉积 (图 5a)。

2) 平行层理

在该组砂岩中常见, 常与大型交错层理共生。

3) 板状交错层理、槽状交错层理

常出现于山西组各种砂体中, 岩性由灰色- 浅灰色中、细粒砂岩组成 (图 5b)。

4) 粒序层理

分流河道砂体中常见正粒序层理, 底部为滞积层, 砾石磨圆度好。

5) 水平层理

常见于层序顶部薄层或中层状泥岩、粉砂质

泥岩中, 单层厚度小。主要发育于泥炭沼泽、分流间湾等沉积环境中。

6) 透镜状、波状层理

常见于层序顶部薄层或中层状泥岩、粉砂质泥岩中 (图 5c)。

7) 植物根迹

垂直于层面的植物根迹, 常见于浅灰色泥岩中。

3.2 沉积相划分

太原期末到山西组一段沉积期末, 研究区为跨越陆表海滨岸- 海岸平原沉积环境, 沉积含有海相动物化石和矿物的泥岩。山二段沉积期为盆地转换期, 由于满蒙洋洋壳俯冲加剧, 盆地北缘翘升加剧, 海水基本退出盆地中区, 盆地中、北部为冲积平原、海岸平原沉积环境格局^[12- 16]。区内处于海岸平原沉积环境, 其上发育三角洲体系。因此, 本区山西组一段为陆表海滨海三角洲沉积, 山二段为近海三角洲沉积。

山西组的沉积物主要是由碎屑岩夹煤层或碳质泥岩组成, 山一段含煤层, 系稳定的构造- 沉积过程控制而形成的大面积有机堆积环境的盆控型泥炭沼泽沉积, 山二段夹碳质泥岩。根据岩心描述、录井、薄片鉴定及测井资料, 将山西组沉积相划分为 2 种沉积体系、2 种沉积相、3 种沉积亚相、9 种沉积微相 (表 1)。

3.2.1 单井沉积微相划分与对比

根据区域地质研究和沉积演化, 综合研究认为山西组为滨海- 近海三角洲沉积。其中, 山一段为砂、泥、煤沉积, 山二段为砂、泥沉积。其相序为三角洲前缘- 三角洲平原相。

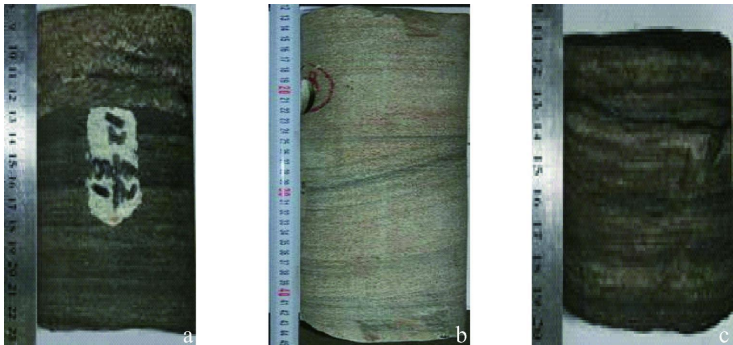


图 5 大牛地气田山西组岩心照片

Fig. 5 Core pictures of the Shanxi Formation in Daniudig gas field

a 大 4 井, 2 845. 80m, 冲刷面; b. 大 17 井, 2 577. 81m, 交错层理; c. 大 4 井, 2 852. 40m, 透镜状、波状层理

1) 分流河道微相、水下分流河道微相

分流河道和水下分流河道是三角洲沉积的主要沉积砂体, 沉积物粒度偏粗, 以粗砂和中细砂为主, 颜色以灰色、灰白色为主, 分选一般较好。单个砂体垂向上岩性向上变细, 自然伽马电测曲线呈箱形、箱形-钟形。砂体内部韵律变化频繁, 岩心中见大量冲刷面, 含下伏地层砂岩和泥岩角砾、煤屑, 冲刷面上发育滞积砾岩; 发育槽状交错层理、板状交错层理及平行层理, 为主要的储集层之一。

2) 分流间湾微相、水下分流间湾微相

分流间湾和水下分流间湾是分流河道间的细粒碎屑沉积, 以深灰色、灰色为主, 岩性一般以泥岩为主, 含粉砂砂岩及泥质粉砂岩; 山一段泥岩中见海相化石和高镁菱铁矿纹层, 说明其沉积环境为水下分流间湾。自然伽马电测曲线为近光滑的基线。层理不发育, 局部见粉砂质条带。

表 1 大牛地气田山西组沉积相划分

Table 1 Sedimentary facies division of the Shanxi Formation in Daniudi gas field

沉积体系	沉积相	沉积亚相	沉积微相
三角洲沉积体系	三角洲相	三角洲平原亚相	分流河道 分流间湾 天然堤 决口扇 泛滥洼地 泥炭沼泽
		三角洲前缘亚相	水下分流河道 水下分流间湾 河口坝
		前三角洲亚相	
盆控型泥炭沼泽沉积体系	泥炭沼泽相		

3) 天然堤微相

天然堤沉积物粒度较细, 以粉砂岩为主, 其次为泥质粉砂岩、粉砂质泥岩, 颜色以灰色为主。发育水平层理, 小型波状层理、爬升, 见砂质条带。

自然伽马电测曲线为中、高幅度的钟形。

4) 决口扇微相

决口扇沉积物粒度偏细, 以细砂为主, 其次为粉砂岩、少量中砂岩, 上部为泥质岩, 颜色以灰色为主。沉积物以正粒序为主, 自然伽马电测曲线为中、高幅度的钟形。发育水平层理和波状层理。

5) 泛滥洼地微相

泛滥洼地沉积物以泥质岩为主, 粒度较细, 颜色以浅灰色为主。自然伽马电测曲线为齿状线形, 常见水平层理。

6) 泥炭沼泽微相

泥炭沼泽沉积物为黑色的煤层、炭质泥岩。电测曲线特征为低伽马、高电阻、高声波、低密度、高中子。少见构造层理, 见植物碎片。

7) 河口坝微相

河口坝沉积物主要为中-细砂为主, 分选较好, 岩性垂向呈逆粒序分布。自然伽马电测曲线为中-低值得漏斗形。

8) 盆控型泥炭沼泽相

盆控型泥炭沼泽系是海侵初期受盆地边界稳定的构造-沉积过程控制而形成的大面积的有机堆积环境的沉积, 往往发育在根土岩的底板之上。盆控型聚煤环境占据盆地中几乎全部的海岸平原和冲积平原, 并跨越部分滨岸潮坪, 范围极宽广。当稳定的构造-沉积过程延续很长, 将形成巨厚的煤层。其亚环境有泥炭沼泽、碎屑沼泽河^[17-20]。区内山西组一段的厚煤层属盆控型泥炭沼泽体系之泥炭沼泽相, 其中山 1-1 厚而稳定, 山 1-3 较稳定, 山 1-2 的煤层薄而不稳定。

以 D10 井为例分析单井微相及其演化。大 10 井山西组早中期属三角洲前缘沉积, 发育水下分流河道、天然堤、水下分流间湾微相, 泥炭沼泽相; 晚期演变为三角洲平原沉积, 其中分流河道为有利储集相带 (图 6)。

山西组沉积期早期曾发生海侵事件, 三角洲前缘在滨海浅水之下, 主要以砂、泥、煤沉积为主, 山一段为滨海三角洲沉积; 后期海水完全退出, 山二段为近海三角洲沉积。D51—D35 井连井剖面为研究区北东-南西向的剖面 (图 7), 沿物源方

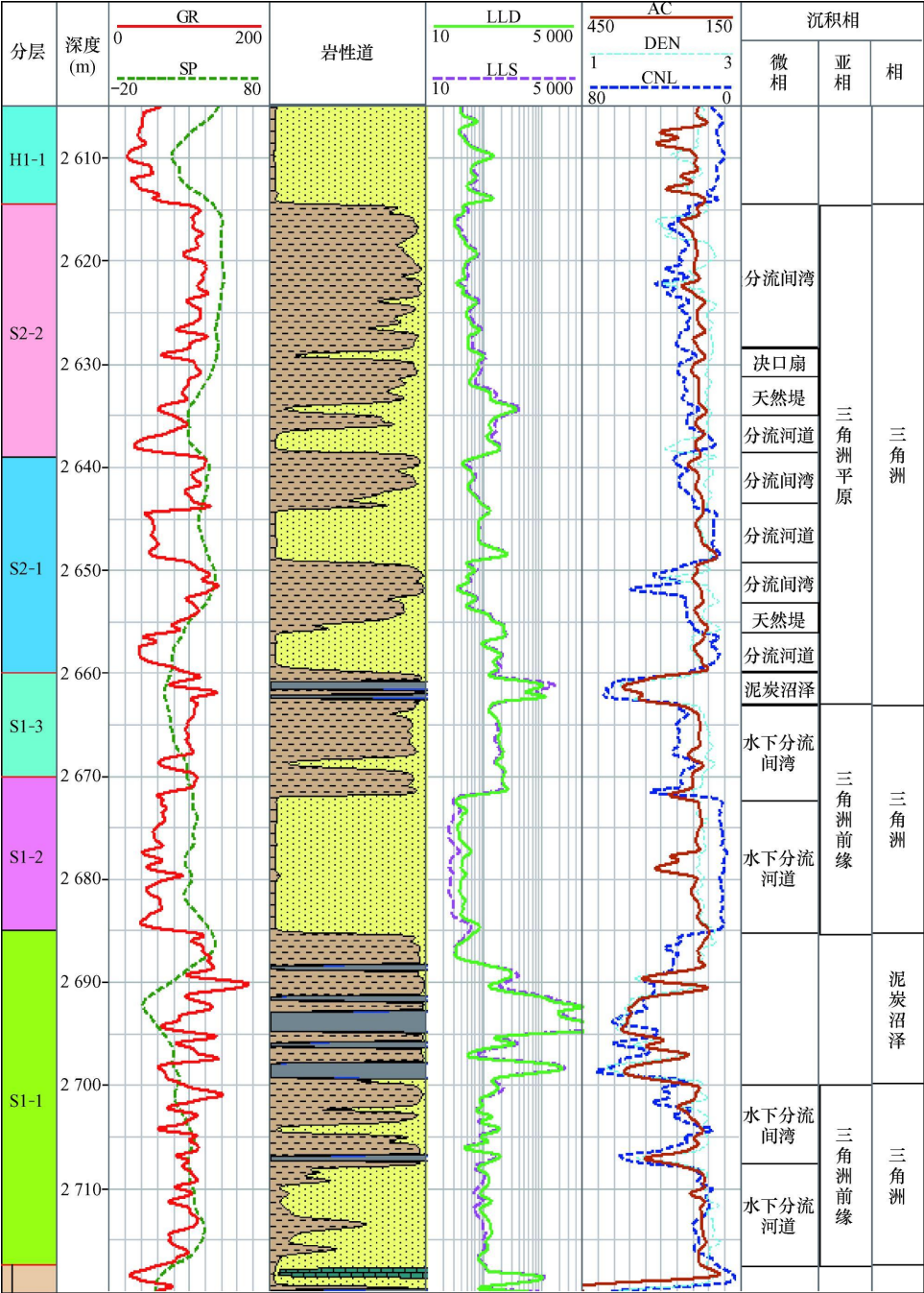


图 6 大牛地气田 D10井单井微相划分

GR. 自然伽马, API; SP. 自然电位, mV; LLD、LLS 深、浅侧向电阻率, $\Omega \cdot m$;
AC. 声波时差测井, $\mu s/m$; DEN. 密度测井, g/cm^3 ; CNL. 中子测井, %

Fig. 6 Sedimentary microfacies division of Well D10 in Daniudi gas field

向,南部 D51—D10井区,山 1段早期由于海退,形成规模不等的泥炭沼泽微相煤沉积,晚期在 D23—D10井形成分流河道沉积。山 2段海水继续向南退缩,分流河道砂体比山 1段发育,连续性较好。北部 D25—D35井区,山 1段早期由于海退,形成规模不等的泥炭沼泽相煤沉积及分流河道沉积,

砂体发育规模较小,平面上不连续。山 2段砂体比山 1段发育,连续性较好。

3.2.2 平面微相展布特征及演化

以单井相分析、沉积相剖面对比结果为依据,以岩性厚度展布为约束,编制小层的平面沉积相图。

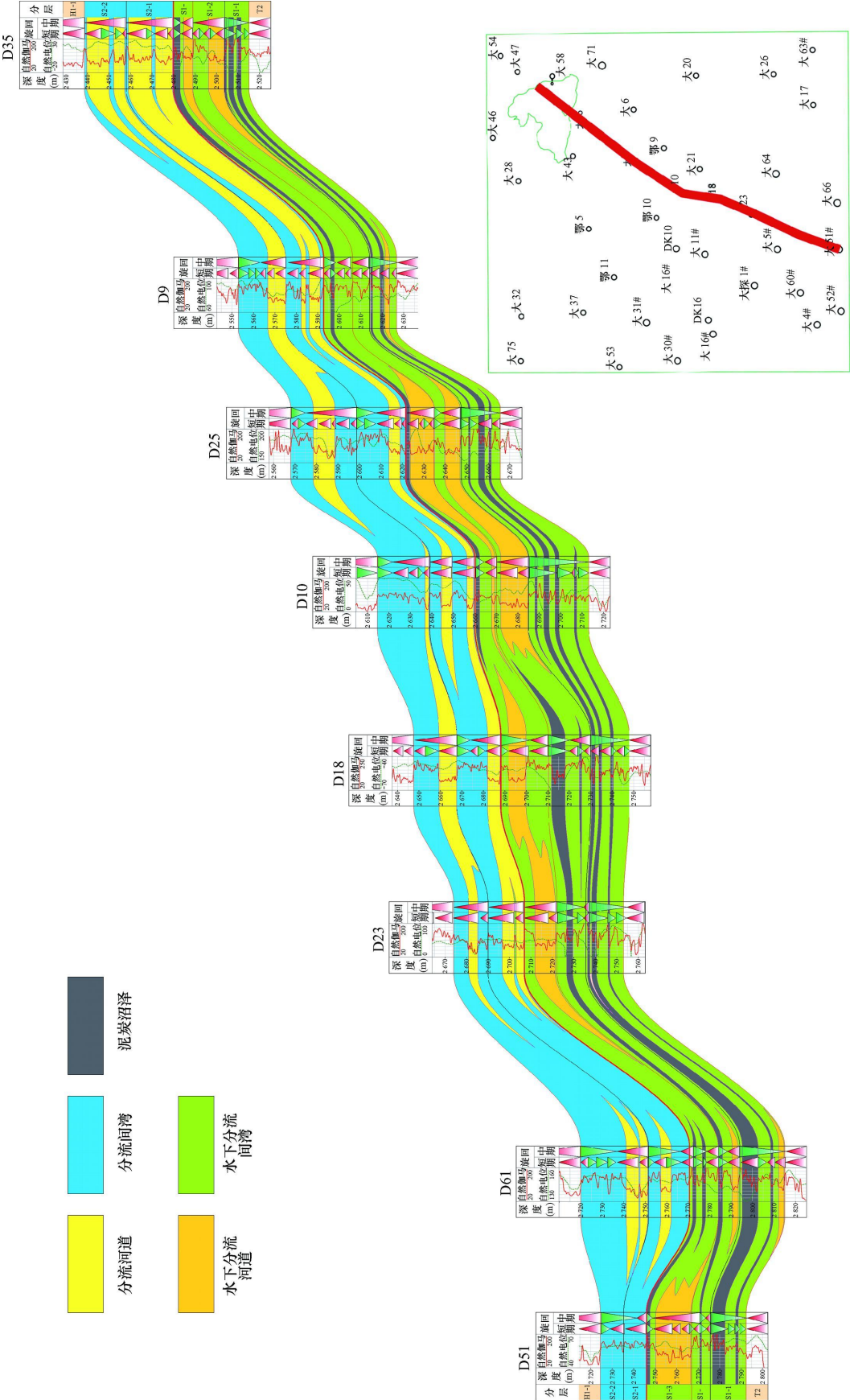


图 7 大牛气田 D51—D35 井山西组连井剖面
Fig.7 Profile of the Shanxi Formation tied to Well D51-D35 in Daniudi gas field

山西组沉积早期为滨海三角洲沉积体系。山 1- 1 层下部发育水下分流河道、水下分流间湾、决口扇沉积(图 8), 河道主要沿 NW, NE 两个方向流入研究区, 两个河道在 D14 井区南侧合并, 东侧分流河道在 D9 井区分叉。

山 1- 2 层下部发育水下分流河道、水下分流间湾、决口扇沉积。河道呈近 SN 向的条带状展布, 主要有 3 条主河道流入研究区, 在研究区中部分叉、合并, 迁移摆动频繁。在 D77 井区发育决口扇沉积。其中, 水下分流河道、决口扇为有利储集相带。山 1- 3 层下部发育分流河道- 水下分流河道、分流间湾- 水下分流间湾、决口扇沉积。分流河道呈近 SN, NE 向的条带状展布, 主要分布于西部及东南部, 河道的厚度变化较大, 多支分流河道流入研究区, 在中部地区合并、分叉。

山西组沉积后期, 由于盆地北缘的抬升, 海水完全退出, 形成了近海三角洲沉积体系。山 2- 1 层下部发育分流河道、分流间湾沉积(图 9)。分流河道主要沿 NW, N, NE3 个方向流入研究区, 河道迁移、摆动频繁。河道在研究区中部合并、分叉。

山 2- 2 层下部发育分流河道、分流间湾。河道分布范围较广, 主要沿 NW 和 NE 向流入研究区, 河道合并、分叉、摆动频繁。NW 向 3 个分流河道在研究区中部合并, 和东部 NE 向 3 个河道最终

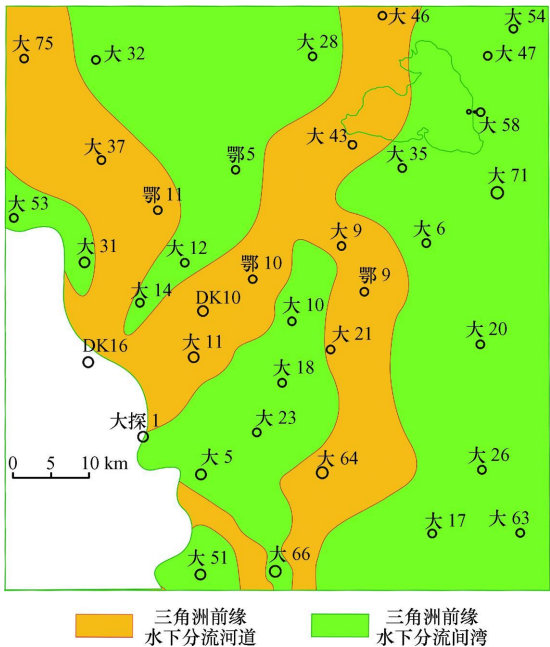


图 8 大牛地气田山 1- 1 层沉积相

Fig. 8 Sedimentary facies of the Shan 1-1 member

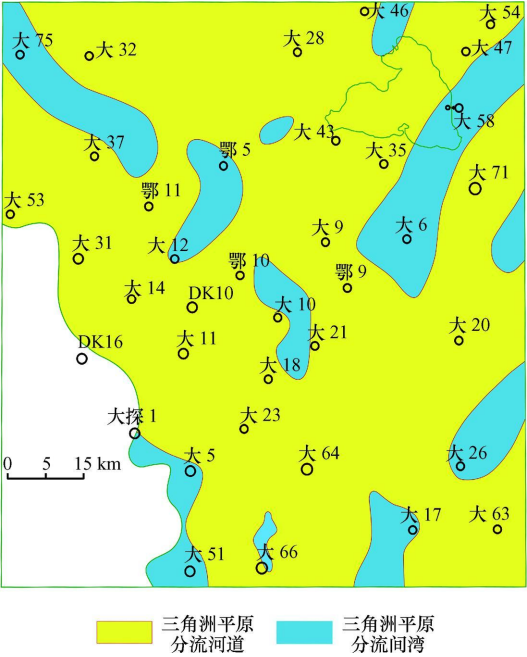


图 9 大牛地气田山 2- 1 层沉积相

Fig. 9 Sedimentary facies of the Shan 2-1 member

在研究区中部合并。

太原期末到山西组一段沉积期末, 为陆表海沉积环境, 虽然没有沉积灰岩, 但沉积有海相泥岩, 表明曾经海侵。之后山二段沉积期, 为一个转换期, 由于满蒙洋壳向华北板块俯冲加剧, 板块北部继续翘起, 海水基本上退出。因此, 山一段为陆表海的滨海三角洲沉积, 山二段为近海三角洲沉积。

3.3 有利相带预测

大牛地气藏是受有效储层控制的岩性气藏, 其有效储层的发育程度是影响气层高产的关键。大牛地气田山西组发育三角沉积体系, 水下分流河道、分流河道砂体发育, 分布范围广, 厚度大。河道宽而浅, 频繁摆动, 游荡不定, 沉积方式以垂向加积为主, 垂向上通常呈现“无规则”的粒序, 粗细粒度交互, 加上埋藏深度大、压实等成岩作用更强等原因, 气层厚度小, 产能低, 是典型的受“甜点”储层控制的土豆状岩性气藏。实钻情况表明, D12- 12井钻遇大 11- 鄂 11井方向的山一段河道砂体, 试气 $1.164 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ D66- 46井钻遇大 66井西侧的山二段的河道储层, 试气 $3.624 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 因此, 水下分流河道、分流河道砂体的底部、河口坝砂体的顶部是有利的含气储集相带, 为开发井的部署提供了可靠的沉积学依据。

4 结论

1) 结合区域地质背景,认为受加里东中期运动影响,大牛地气田在太原期末到山西组一段沉积期末,为跨越陆表海滨岸-海岸平原沉积环境,之后山二段沉积期为陆表海-内陆湖盆的转换期,为海岸平原沉积环境。

2) 通过对 300 余口钻井的相关资料进行分析,认为山一段为陆表海的滨海三角洲沉积,山二段为近海三角洲沉积。山一段以陆表海的三角洲前缘沉积为主,主要发育水下分流河道、水下分流间湾和泥炭沼泽,山二段以三角洲平原沉积为主,主要发育分流河道、分流间湾。

3) 综合研究认为,山西组发育三角洲沉积,砂岩发育,但成岩作用强,储层物性普遍较差,低渗背景下发育的相对高孔渗的含气性好的砂岩,是有效储集层。山一段三个亚段水下分流河道的下部、山二段两个亚段的分流河道的下部为有利的含气储集相带。

参 考 文 献

[1] 付锁堂,田景春,陈洪德,等.鄂尔多斯盆地晚古生代三角洲沉积体系平面展布特征[J].成都理工大学学报(自然科学版),2003,30(3):236-241
Fu Suotang Tian Jingchun, Chen Hongde et al The delat depositional system distribution of late Paleozoic era in Ordos basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2003 30(3): 236- 241.

[2] 陈俊亮,吴亮,崔建军.大牛地气田沉积相特征[J].焦作工学院学报,2004,23(2):89-94
Chen Junliang Wu Liang Cui Jianjun The sedimentograpy characteristics of Daniudi gas field[J]. Journal of Jiaozuo Institute of Technology(Natural Science), 2004 23(2): 89- 94.

[3] 袁志祥,陈洪德,陈英毅.鄂尔多斯盆地塔巴庙地区上古生界天然气富集高产特征[J].成都理工大学学报(自然科学版),2005(6):604-608
Yuan Zhixiang Chen Hongde, Chen Yingyi The character of enrichment of gas upper Paleozoic in Tabamiao area North Ordos basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition). 2005 (6): 604- 608

[4] 何志平,邵龙义,刘永福,等.河北南部石炭-二叠纪古气候演化特征[J].沉积学报,2005,23(3):454-466
He Zhiping Shao Longyi Liu Yongfu et al Evolution of the Paleoclimates during Permian - Carboniferous in the Southern Hebei [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2005 23(3): 454- 466

[5] 何自新.鄂尔多斯盆地演化与油气[M].北京:石油出版社,2003 25-60.
He Zixin. Evolution and hydrocarbon of Ordos basin [M]. Beijing Oil Press 2003: 25- 60

[6] 王鸿祯,杨森楠,刘本培.中国及邻区构造古地理和三维古地理[M].武汉:中国地质大学出版社,1990:115-160.
Wang Hongzhen, Yang Sennan Liu Benpei Tecton ic paleogeographic and 3D- paleogeographic in China and adjacent regions [M]. Wuhan China University of Geosciences Press 1990 115- 160

[7] 李振宏,胡健民.鄂尔多斯盆地构造演化与古岩溶储层分布[J].石油与天然气地质,2010,31(5):640-647,655.
Li Zhenhong Hu Jianmin Structural evolution and distribution of paleokarst reservoirs in the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 640- 647, 655.

[8] 李仲东,郝蜀民,李良,等.鄂尔多斯盆地上古生界气藏与深盆气藏特征对比[J].石油与天然气地质,2009,30(2):149-155
Li Zhongdong Hao Shumin Li Liang et al Comparison between the Upper Paleozoic gas reservoirs in Ordos Basin and deep basin gas reservoirs [J]. Oil & Gas Geology, 2009 30 (2): 149- 155.

[9] 刘家铎,田景春,张翔,等.鄂尔多斯盆地北部塔巴庙地区山西组一段海相、过渡相沉积标志研究及环境演化分析[J].沉积学报,2006,24(1):36-42
Liu Jiaduq Tian Jingchun Zhang Xiang et al Depositional markers of marine transition facies and its evolution of member 1 of Shanxi Formation Tabamiao area north Ordos basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2006 24(1): 36- 42

[10] 郝蜀民,李良,尤欢增.大牛地气田石炭-二叠系海陆过渡沉积体系与近源成藏模式[J].中国地质,2007,34(4):606-611
Hao Shumin Li Liang You Huanzeng Permian Carboniferous paralic depositional systems in the Daniudi gas field and its near-source box-type gas accumulation forming mode [J]. China geology, 2007 34(4): 606- 611.

[11] 李增学,单松炜.陆表海盆地含煤地层的高分辨率层序地层研究.煤田地质与勘探,2000,28(4):13-16.
Li Zengxue Shan Songwei Characteristics of high-resolution sequences of coalbearing strata in epicontinental basin Coal Geology & Exploration, 2000 28(4): 13- 16

[12] 李增学,王明镇,余继峰,等.鄂尔多斯盆地晚古生代含煤地层层序地层与海侵成煤特点[J].沉积学报,2006,24(6):834-840
Li Zengxue Wang Mingzhen, Yu Jifeng et al Sequence stratigraphy of late Paleozoic coalbearing measures and the transgressive coal- formed features in Ordos basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2006 24(6): 834- 840

[13] 朱红涛,陈开远,刘凯,等.鄂尔多斯盆地东北部山西组

[13] 马力,陈焕疆,甘克文,等. 中国南方大地构造和海相油气地质 [M]. 北京:地质出版社, 2004 239– 357
Ma Li ChenHuanjiang GanKewen et al Geotectonics and petroleum geology of marine sedimentary rocks in Southern China [M]. Beijing Geology Publishing House, 2004 239– 357.

[14] 戴春山,杨艳秋,闫桂京. 南黄海中-古生代海相残留盆地埋藏生烃史模拟及其意义 [J]. 石油与天然气地质, 2005 26 (1): 49– 55
Dai Chunshan Yang Y anqiu Yan Guijing Modelling of burial and hydrocarbon generation histories of Mes o-Paleozoic marine residual basins in South Yellow Sea and its geologic significance [J]. Oil & Gas Geology, 2005 26(1): 49– 55

[15] 丁道桂,潘文蕾,彭金宁,等. 扬子板块中、古生代盆地的改造变形 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29 (5): 597– 606.
Ding Daogui Pan Wenlei Peng Jinning et al Transformation and deformation of the Mes o-Paleozoic basins in the Yangtze Plate [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(5): 597– 606

[16] 余晓宇,徐宏节,何治亮. 江苏下扬子区中古生界构造特征及其演化 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 4 (2): 226– 230.
She Xiaoyu Xu Hongjie He Zhiliang Tectonic characteristics and evolution of Mesozoic and Paleozoic in Lower Yangtze region, Jiangsu [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 4(2): 226– 230

[17] 梅廉夫,刘昭茜,汤济广,等. 南方多旋回构造作用制约下的中、古生界海相油气构造—成藏旋回 [J]. 石油与天然气地质, 2009 30(5): 589– 597.
Mei Lianfu, Liu Zhaoqian Tang Jiguang et al Tectonic pooling cycles controlled by polycyclic tectonism in the Mesozoic-Paleozoic marine strata of South China [J]. Oil & Gas Geology, 2009 30(5): 589– 597.

(编辑 高 岩)

(上接第 396 页)

河流相沉积证据 [J]. 天然气工业, 2007, 27(12): 68– 70
Zhu Hongtao Chen Kaiyuan, Liu Keyu, et al Evidence of fluvial deposits in northeastern Ordos [J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(12): 68– 70

[14] 郭书元,张广权,陈舒薇. 陆表海碎屑岩—碳酸盐岩混积层系沉积相研究——以鄂尔多斯东北部大牛地气田为例 [J]. 古地理学报, 2009 11(6): 611– 627.
Guo Shuyuan Zhang Guanquan, Chen Shuwei Study on sedimentary facies of mixed clastic-carbonate sediments strata system in epicontinental sea—a case of Daniudi gasfield in northeastern Ordos [J]. Journal of Palaeogeography, 2009 11 (6): 611– 627.

[15] 陈昭佑,王光强. 鄂尔多斯盆地大牛地气田山西组砂体组合类型及成因模式 [J]. 石油与天然气地质, 2010 31(5): 632– 639
Chen Zhaoyou, Wang Guangqiang Assemblage types and genetic modek of the Shanxi sandbodies in Daniudi gasfield the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology 2010 31(5): 632– 639

[16] 董绍雄,沈昭国,何国贤,等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田山 1 段储层与沉积微相的关系 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(2): 162– 167.
Dong Zhaoxiong Shen Zhaoquo He Guoxian et al Relationship of sedimentary microfacies with reservoirs in the Shan1 member of the Daniudi gas field, Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009 30(2): 162– 167

[17] 刘小洪,冯明友,罗静兰,等. 鄂尔多斯盆地乌审召地区盒 8、山 1 段储层流体包裹体特征及其意义 [J]. 石油与天然气地质, 2010 31(3): 360– 366 374
Liu Xiaohong Feng Mingyou Luo Jinglan et al Characteristics of fluid inclusions in reservoirs in the eighth member of the Shi hezi Formation and the first member of the Shanxi Formation in Uxin Ju area, the Ordos Basin and the ir significance [J]. Oil & Gas Geology 2010 31(3): 360– 366 374

[18] 汪曾荫. 华北地台晚古生代年代地层系统 [J]. 中国煤田地质, 1995 (3): 17– 23
Wang Zengyin. Chronostratigraphic system of late Paleozoic north China platform [J]. Coal Geology of China 1995 (3): 17– 23

[19] 郑荣才,文国华,梁西文. 鄂尔多斯盆地上古生界高分辨率层序地层分析 [J]. 矿物岩石, 2002, 22(4): 66– 74
Zheng Rongcai Wen Guohua Liang Xiwen. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy for Upper Paleozoic in Ordos basin [J]. Mineralogy and Petrology, 2002, 22(4): 66– 74

[20] 何义中,陈洪德,张锦泉. 鄂尔多斯盆地中部石炭—二叠系两类三角洲沉积机理探讨 [J]. 石油天然气地质, 2001, 22 (1): 69– 71
He Yizhong Chen Hongde Zhang Jinquan. Discussion on sedimentary mechanism of two kind deltas from Permian Carboniferous of central Ordos basin [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22 (1): 69– 71

(编辑 董 立)