

文章编号:1672-6561(2014)04-0077-10

投稿网址:<http://jese.chd.edu.cn/>

## 鄂尔多斯盆地苏里格南部地区盒 8 段 沉积相特征及其意义

武春英<sup>1</sup>, 韩会平<sup>1</sup>, 康 锐<sup>1</sup>, 尹 弘<sup>2</sup>

(1. 中国石油长庆油田公司, 陕西 西安 710018; 2. 西安科技大学 管理学院, 陕西 西安 710054)

**摘 要:**依据野外露头、岩芯、测井及相关测试资料,对鄂尔多斯盆地苏里格南部地区上古生界中二叠统石盒子组盒 8 沉积期的沉积类型、沉积微相特征及沉积相对天然气成藏富集的影响进行了分析。结果表明:鄂尔多斯盆地苏里格南部地区盒 8 沉积期自北向南依次发育缓坡浅水辫状河三角洲和滨浅湖沉积相,亚相主要为三角洲平原、三角洲前缘、滨湖和浅湖,微相包括分流河道、分流间洼地、水下分流河道、水下天然堤、分流间湾、滨湖砂坝、滨湖泥湾和浅湖泥湾;各微相在空间上相互叠置,复合加积;各微相水动力条件的差异造成微相在沉积物成分和组构上各异,导致其成岩作用不同;分流河道和水下分流河道微相发育处密集形成相互叠置的大面积骨架砂体,构成区内主砂带,成为天然气优质储集层,是有利勘探相带;沉积相明显控制优质储集层的分布,进而影响着天然气的富集成藏。总之,水下分流河道和分流河道微相是砂岩优质储集层分布和发育的最有利相带,也是今后勘探开发的方向。

**关键词:**沉积相;辫状河三角洲;滨浅湖;分流河道;石盒子组;上古生界;鄂尔多斯盆地

**中图分类号:**P531;TE122

**文献标志码:**A

### Characteristics and Significance of Sedimentary Facies in He-8 Member in the Southern Sulige Area of Ordos Basin

WU Chun-ying<sup>1</sup>, HAN Hui-ping<sup>1</sup>, KANG Rui<sup>1</sup>, YIN Hong<sup>2</sup>

(1. Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an 710018, Shaanxi, China; 2. School of Management, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** Based on the outcrop observation, core description and logging analysis, the sedimentary types, characteristics of sedimentary microfacies and the effect of sedimentary facies on gas-forming accumulation in member 8 of Shihezi Formation of Upper Paleozoic in the southern Sulige area of Ordos Basin are analyzed. The results show that the shallow slope blanket braided river delta and shore-shallow lake sedimentary facies develop from north to south in He-8 depositional stage in the southern Sulige area of Ordos Basin, the subfacies include delta plain, delta front, shore and shallow lake, and the microfacies include distributary channel, inter-channel depression, underwater distributary channel, subaqueous levee, inter-channel bay, shore bar, shore mud bay and shallow lake mud bay; microfacies overlap each other in space and accumulate compositely; the difference of hydrodynamic conditions for the microfacies causes the dissimilarity of sediment component and fabric, and different diageneses; a large of skeletal sandbodies overlapped develop in distributary channel and underwater distributary channel, and

收稿日期:2014-06-20

基金项目:国家科技重大专项项目(2011ZX05044);中国石油重大科技专项项目(2011E-1301)

作者简介:武春英(1980-),女,山西偏关人,工程师,E-mail:wucy\_cq@petrochina.com.cn。

are the main sand belt and high quality reservoir for gas; sedimentary facies controls the distribution of high quality reservoir for gas significantly, and influences the gas-forming accumulation. In general, distributary channel and underwater distributary channel are most favorable for the distribution and development of sandstone high quality reservoir, and are important for future exploration and development.

**Key words:** sedimentary facies; braided river delta; shore-shallow lake; distributary channel; Shihezi Formation; Upper Paleozoic; Ordos Basin

## 0 引言

沉积相研究是沉积岩石学研究的主要内容之一,是确定沉积岩古沉积环境,判定沉积岩沉积体系类型及其能源矿产赋存规律的重要依据,也是重塑岩石沉积与古地理环境演化过程中相互耦合关系的主要方法。传统的沉积相研究主要结合区域地质背景,有效利用沉积岩的组分、颜色、结构、构造、古生物以及地球化学特征等相标志,推断(或反演)沉积岩古沉积环境,进而建立其沉积相模式。近年来,沉积相研究已向多技术、多方法的定量与精细化研究领域发展,如相标志量化法、相标志内部层次结构分析法、模糊综合评判法、水槽试验法、计算机模拟法等<sup>[1-8]</sup>。这些方法及其研究成果在沉积相研究方面取得了显著成效,并已成功应用于油气成藏分析及古环境反演。

针对鄂尔多斯盆地苏里格南部地区二叠系石盒子组盒 8 段沉积期的沉积环境,目前研究存在不同的观点:杨西燕等认为该层段属于滨浅湖滩坝沉积<sup>[9]</sup>;付锁堂等认为该层段是湖泊三角洲沉积<sup>[10]</sup>;郭英海等认为该层段属于河流或三角洲沉积<sup>[11-12]</sup>;杨俊杰等认为该层段为大型缓坡型三角洲沉积体系<sup>[13-14]</sup>;徐蒙等认为该层段为浅水辫状河三角洲沉积<sup>[15]</sup>。但近年来的勘探实践证实以上观点并不符合该区的实际情况。由于沉积相类型认识不清,沉积相带展布规律不明,因而在一定程度上也制约了该地区的油气勘探进展。笔者深入剖析了该区沉积相类型及其特征,分析沉积相时空展布规律,研究沉积相对天然气富集成藏的影响,以期进一步认识该区天然气地质,并对下一步天然气勘探进行指导。

## 1 区域地质概况

鄂尔多斯盆地是华北板块西端的次级构造单元,其形成演化既与太平洋板块和古亚洲洋盆俯冲隆升有关,也与特提斯洋壳和古亚洲洋盆碰撞有关,同时还受到秦祁海槽及其派生的贺兰拗拉槽的扩张

与消减影响。鄂尔多斯盆地经历了太古代基底岩形成、中晚元古代大陆裂谷发育、早古生代槽台对立发展、晚古生代至三叠纪的克拉通拗陷形成、早侏罗世至早白垩世内陆盆地发展、新生代周边断陷盆地发育等 6 个构造沉积演化阶段<sup>[16]</sup>,具有 6 个一级构造单元。苏里格南部地区位于天环拗陷和伊陕斜坡两个一级构造单元之上(图 1);加里东运动晚期,盆地随华北地台整体抬升,遭受长达 1.3~1.5 Ma 风化剥蚀;直至海西旋回中期,秦祁海槽再度拉张,包括研究区在内的整个盆地在区域沉降背景下接受沉积,形成海陆过渡沉积相;海西旋回晚期,秦祁海槽再次挟挤,海水被迫从东、西两侧退出,晚石炭世太原期海相沉积结束<sup>[17]</sup>。从早二叠纪山西期至石千峰期,苏里格南部地区进入河流-三角洲-湖泊为主的陆相沉积阶段<sup>[18]</sup>。

## 2 沉积体系

前人针对苏里格南部地区二叠系石盒子组盒 8 段沉积相进行的大量研究成果对本次层段沉积相研究具有重要的指导意义<sup>[19-35]</sup>。依据本区钻井的岩石学特征、岩芯观察、沉积构造、测井曲线及其古生物等资料,按 Walker 等的沉积体系分类,在本区石盒子组盒 8 段识别出 2 种沉积相<sup>[36-37]</sup>、4 种沉积亚相、5 种沉积微相。2 种沉积相分别为缓坡浅水辫状河三角洲沉积相和滨浅湖沉积相。缓坡浅水辫状河三角洲沉积相发育三角洲平原亚相和三角洲前缘亚相;三角洲平原亚相发育分流河道和分流间洼地微相;三角洲前缘亚相发育水下分流河道、水下天然堤和分流间湾微相。滨浅湖沉积相发育滨湖和浅湖亚相,滨湖亚相进而发育滨湖砂坝和滨湖泥湾微相,浅湖亚相发育浅湖泥湾微相,微相总体不太发育(表 1)。

### 2.1 缓坡浅水辫状河三角洲沉积相

#### 2.1.1 三角洲平原

研究区三角洲平原是辫状河进积到陆表海滨海平原浅水中的水上部分,即沉积层序中的顶积层。在钻井垂向序列中可识别出分流河道、分流间洼地

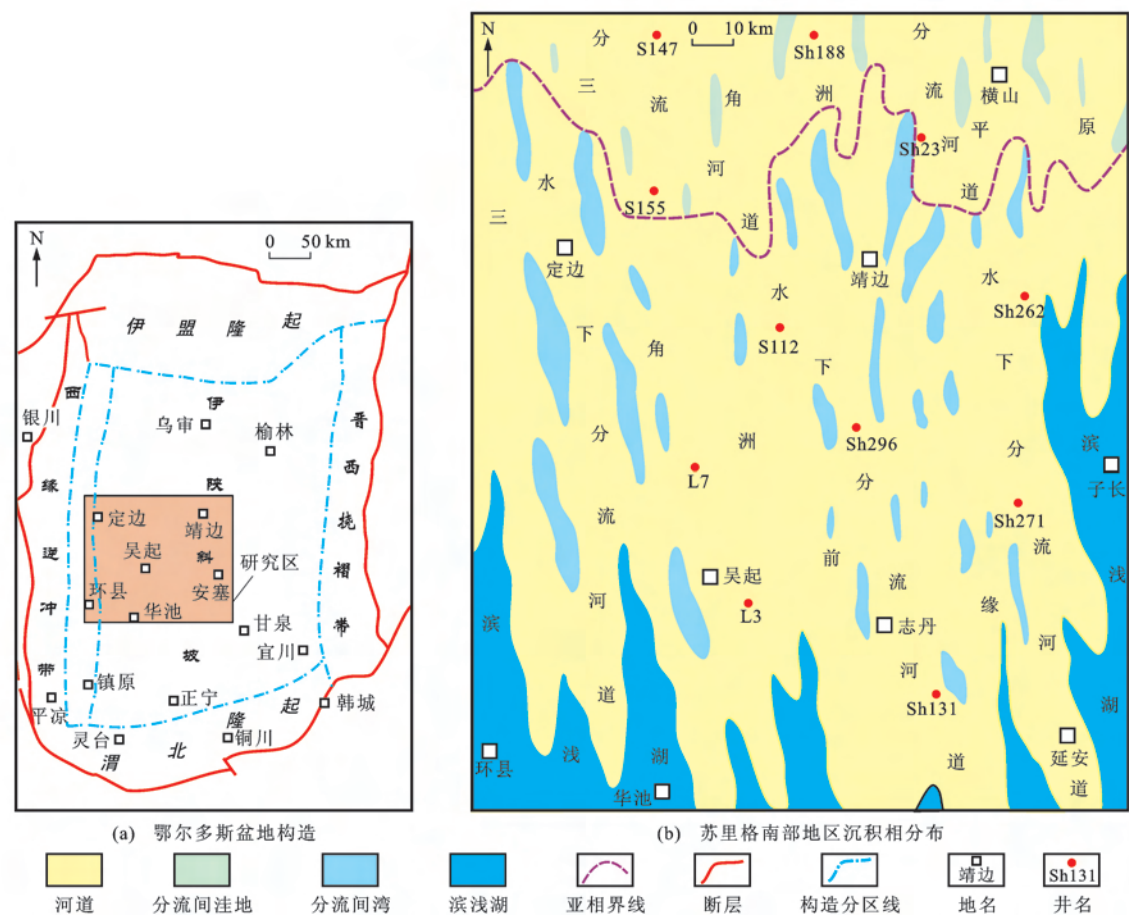


图 1 鄂尔多斯盆地苏里格南部地区研究区位置及沉积相分布

Fig. 1 Location of the Study Area and Distribution of Sedimentary Facies in the Southern Sulige Area of Ordos Basin

表 1 盒 8 段沉积体系类型及特征

Tab. 1 Types and Characteristics of Sedimentary System in He-8 Member

相	亚相	微相	岩性	沉积构造		粒度分析 概率曲线	测井曲线特征 (自然伽马)
				层理构造	层面构造与古生物化石		
缓坡 浅水 辫状 河三角 洲	三角洲 平原	分流河道	以浅灰色中粗粒岩屑石 英砂岩为主,底部多见含 粒粗砂岩,磨圆度较好, 分选好	板状交错层理、平 行层理、槽状交错 层理	砂岩底面具有明显的底 冲刷构造,冲刷面上砾 石顺层分布,偶见植物 碎片化石	具有向上变细的正 粒序;跳跃与悬浮组 成两段式,且以跳跃 总体为主	钟形或带齿状钟形 或箱形,高幅值
		分流间洼地	黑灰色、深灰色泥岩、粉 砂质泥岩及泥质粉砂岩	沙纹层理或水平 层理	植物茎干化石	以悬浮总体为主	微齿状,低幅值
	三角洲 前缘	水下分流 河道	灰白色、浅灰色含砾粗粒 砂岩,绿灰色中粒砂岩, 次棱—次圆状,分选中 等—好	槽状交错层理、块 状层理、斜层理	冲刷构造、槽状构造、板 状构造和平行构造,偶 见植物碎片化石	跳跃与悬浮组成两 段式,且以跳跃总体 为主	齿状箱型或钟形,高 幅值
		水下天然堤	细、粉砂岩或粉砂质泥岩	沙纹层理	植物茎干化石	以悬浮总体为主	低平锯齿形,低幅值
滨 浅 湖	三角洲 前缘	分流间湾	灰绿色—黑灰色泥岩、粉 砂质泥岩及泥质粉砂岩	波状层理或水平 层理	可见浪成波痕,植物碎 屑丰富	单一悬浮组分	低平锯齿形,低幅值
	滨湖	滨湖砂坝	黄绿色细粒砂岩和砂质 泥岩	低角度板状斜层理 和爬升波纹层理	植物碎片和树干化石	跳跃组分和悬浮 组分	低平锯齿形,低幅值
		滨湖泥湾	褐红色泥岩	沙纹层理或水平 层理	虫孔发育	以悬浮总体为主	低平锯齿形,低幅值
	浅湖	浅湖泥湾	灰绿色泥岩或泥质粉 砂岩	沙纹层理或水平 层理	少见生物潜穴和扰动 构造	以悬浮总体为主	低平锯齿形,低幅值

等微相[图 2(a)],其中广泛发育的分流河道是其沉积主体,其他微相不甚发育,或因后期河道冲刷而保存不全,甚至缺失。

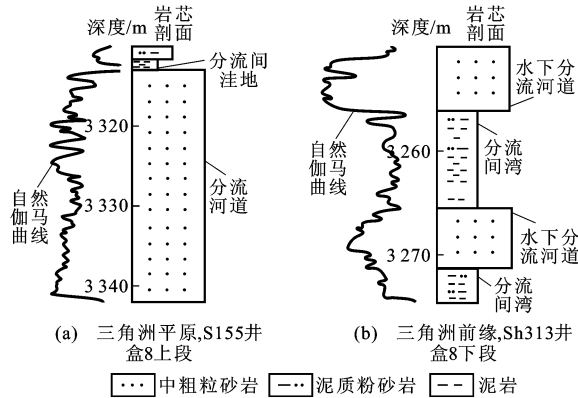


图 2 盒 8 段垂向沉积序列及测井响应模式

Fig. 2 Vertical Sedimentary Sequence and Log Response Mode in He-8 Member

分流河道主要由浅灰色中—粗粒岩屑石英砂岩组成,其次为绿灰色粗—中细砂岩;分流河道底部多见含砾粗砂岩。砂岩碎屑组分中,石英体积分数为 77.25%,岩屑为 21%;以变质岩屑和火成岩岩屑为主,长石极少,仅在陕 226 井和桃 6 井盒 8 段发现占 0.1%~0.45%的长石。砾石成分主要为石英岩及燧石,少量为泥岩砾石;砾石砾径主要为 2~5 mm,最大可达 40 mm,砾石的磨圆度较好。砂岩胶结物以高岭石、绿泥石和伊利石为主,硅质(次生加大和自生石英)次之,少量为铁方解石胶结;砂岩分选好,颗粒呈次圆状,成分和结构成熟度皆较低;板状交错层理、

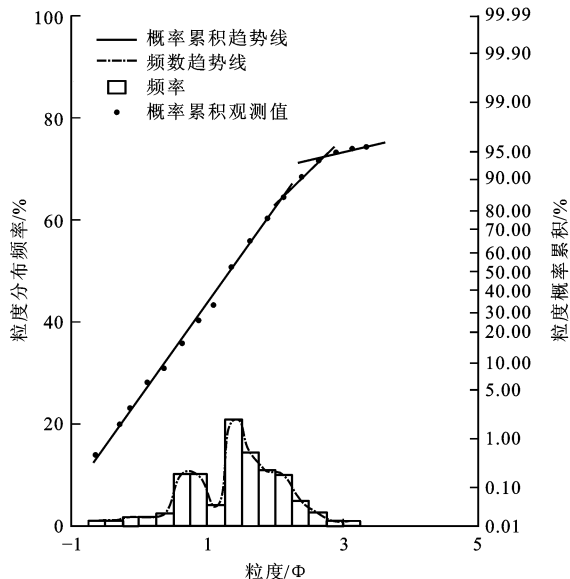
平行层理及槽状交错层理发育;底面具有明显的底冲刷构造,其上见砾石顺层分布,偶见植物碎片化石。

分流河道显示向上变细的正粒序沉积序列。粒度概率累积曲线呈两段式,以跳跃总体为主,体积分数 75%~89%,跳跃总体的斜度多在 55°~60°之间,细截点为 1.76~2.4  $\Phi$ ;悬浮组的斜度在 3°~9°之间[图 3(a)],滚动总体一般不发育。以上粒度特征显示了牵引沉积特征,反映了河流相或水动力较强的三角洲相分流河道沉积环境。在自然伽马曲线上,响应为钟形或带齿状钟形(或箱形),自然伽马曲线具有中高幅值(曲线顶、底变化截然不同),反映了水流强度由高流态向低流态转变条件下的沉积,同时说明了水流能量和物源供给减少,河流侵蚀作用不断减弱的环境水动力条件。

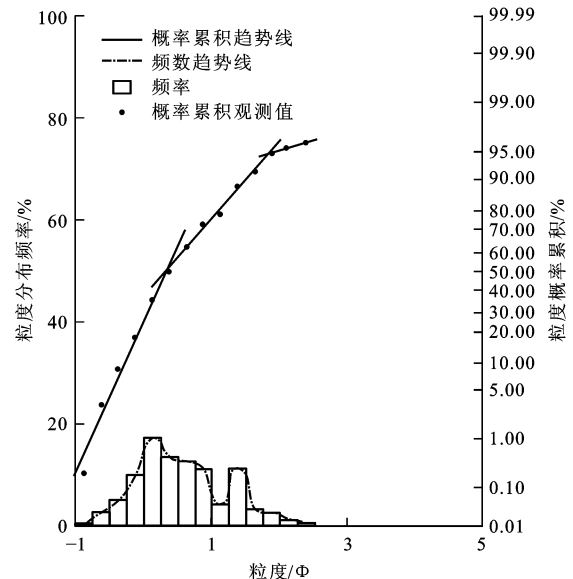
分流间洼地是分流河道之间发育的安静或停滞环境,是由分流河道水流入低洼处形成的局限环境沉积。分流间洼地主要受到分流河道频繁改道和分流河道对下伏沉积物强烈冲刷的共同影响,因此,研究区分流间洼地微相整体不发育或保存不完整,规模也相对较小。此微相沉积物由深灰色、黑灰色泥岩与粉砂质泥岩及泥质粉砂岩互层组成,厚度小,沙纹层理或水平层理发育,偶见植物茎干碎片化石。自然伽马曲线呈现低幅值、微齿状[图 2(a)]。

### 2.1.2 三角洲前缘

三角洲前缘沉积是研究区盒 8 段最主要的沉积类型,以河道径流广泛发育为特征,受平缓沉积基底、强水动力条件和弱湖水改造作用的控制。三角



(a) 三角洲平原的分流河道微相(S188井盒8下段)



(b) 三角洲前缘的水下分流河道微相(Sh271井盒8下段)

图 3 盒 8 段砂岩粒度直方图与概率累积曲线

Fig. 3 Frequency Distribution Histograms and Cumulative Probability Curves of Sandstone Grain Sizes in He-8 Member



洲前缘水下分流河道砂体分布发育,向前延伸较远,构成三角洲前缘的骨架砂体。

水下分流河道是三角洲平原分流河道向湖内水下的继承延伸部分,其两者沉积具有一定的相似性。水下分流河道主要发育灰白色、浅灰色含砾粗粒砂岩和绿灰色中粗粒砂岩。砂岩碎屑颗粒主要为石英(体积分数为81%),次为岩屑(18.5%),长石极少;长石主要分布在研究区东部边缘,在中部和西部未见,可能与物源有关。岩石类型多为石英砂岩、岩屑石英砂岩及部分岩屑砂岩。砂岩分选中等—好,呈次棱—次圆状,主要为接触式胶结,胶结物主要为高岭石、伊利石,灰绿色岩石多为绿泥石胶结,铁方解石和菱铁矿胶结可见。砂岩纵向上具有向上变细的正旋回特点(含砾砂岩→粗砂岩→中细砂岩→细砂岩→泥质粉砂岩→泥岩),其底部沉积构造较三角洲平原分流河道砂岩的沉积构造更发育,主要有冲刷构造、槽状构造、板状构造和平行构造,层理面较清楚,主要由泥质条带显现,部分由粒度变化显现。

水下分流河道频繁改道,空间上显示河床摆动,河道多次叠加加积,造成纵向上泥质体积分数向上增高,砂质颗粒变细的单旋回砂层,出现多次叠加的复合正韵律砂体,也反映了水动力环境条件由强变弱的周期性变化。概率累积曲线呈两段式,以跳跃总体为主,体积分数为64%~78%,跳跃总体的斜度多在65°~70°之间,细截点的变化区间为0.5~1.25 $\Phi$ 之间,反映了牵引沉积特征。悬浮组的斜度在0°~15°之间[图3(b)],滚动总体一般不发育。电测曲线(自然伽马曲线)在砂岩段表现为中、高幅值,呈钟形或齿状箱型[图2(b)],在叠合砂体上响应为多次箱形曲线的叠加,且曲线由下至上幅度逐渐降低,反映正韵律的特点。

水下天然堤的沉积厚度为0.50~1.50 m,其岩性多由细、粉砂岩或粉砂质泥岩构成;测井解释中多与水下分流河道组合在一起,不易于识别,在岩芯序列中比较易于观察。以悬浮质为主的碎屑在沉积过程中受到湖水的影响,沉积粒度变细,分选性明显变好,垂向层序基本呈正粒序沉积,一般在其顶部沉积层必然有大面积的薄—厚层泥岩分布。自然伽马曲线的形态物性特征表现为沉积相旋回顶部“低平锯齿形”,曲线反映比较平缓。

分流间湾发育于水下分流河道侧翼低洼处的沉积,多以灰绿色—黑灰色泥岩或粉砂质泥岩为主,含少量泥质粉砂岩,发育波状层理或水平层理,可见浪成波痕,植物碎屑丰富。粒度概率曲线显示其为单

一的悬浮组分。自然伽马曲线表现为低平微齿状,呈低幅值。

## 2.2 滨浅湖沉积相

杨昌贵等对鄂尔多斯盆地二叠世湖相沉积进行了深入研究,认为边缘湖(滨浅湖)广泛发育盆地湖缘地区,是古陆表海处于海岸平缓区的浅水部分,与缓坡浅水毯式辫状河三角洲常共生而难以区分<sup>[38-39]</sup>。研究表明,研究区滨浅湖是由三角洲前缘演变而来。在盒8沉积期,苏里格南部地区当时为干旱、半干旱气候,发育平坦的浅水湖泊古地形,受到三角洲前缘水下分流河道中的阵发性洪水注入影响<sup>[40]</sup>;在开阔平坦的湖岸环境中,在洪水期高水位面附近的低能带沉积了泥和粉砂等细粒碎屑物质,在低水位(枯水位)面附近的高能带附近形成滨浅湖砂坝等砂质碎屑沉积。由洪水注入方向向远处,沉积物质逐渐变细,常见砂岩泥岩互层,粉砂岩中见细纹层理,泥岩中见水平层理,偶见潜穴生物遗迹化石。

### 2.2.1 滨湖

滨湖亚相是处于洪水线与正常波基面之间的环境沉积,受湖进和湖退的影响较大<sup>[41]</sup>,包括滨湖砂坝和滨湖泥湾两个微相。

滨湖砂坝微相是滨湖环境中以砂岩为主的沉积,是砂岩受潮浪作用而形成的,主要为黄绿色细粒砂岩和砂质泥岩,砂岩分选较好,发育低角度板状斜层理和爬升波纹层理。砂岩粒度概率曲线表现为两段式的跳跃组分和悬浮组分特征,发育植物碎片和树干化石。自然伽马曲线为低平锯齿形,呈低幅值。

滨湖泥湾微相主要为褐红色泥岩,泥岩发育沙文层理和平行层理,常见虫孔构造。

### 2.2.2 浅湖

浅湖亚相主要是在风暴潮等影响下形成的一种处于正常波基面与最大波基面之间的环境沉积,发育浅湖泥湾微相。

浅湖泥湾微相主要发育紫红、灰绿色泥岩,少见生物潜穴生物遗迹化石和扰动构造。

## 3 沉积相垂向序列与平面展布

苏里格南部地区发育大面积缓坡浅水辫状河三角洲沉积体系和局部滨浅湖沉积体系。从研究区30多口探井的岩电特征(图4)和沉积相平面展布图(图1)可以看出,缓坡浅水辫状河三角洲在平面上表现为由分流间洼地(分流间湾)和分流河道(水下分流河道)等微相相互组成的多个网毯状大面积沉积体

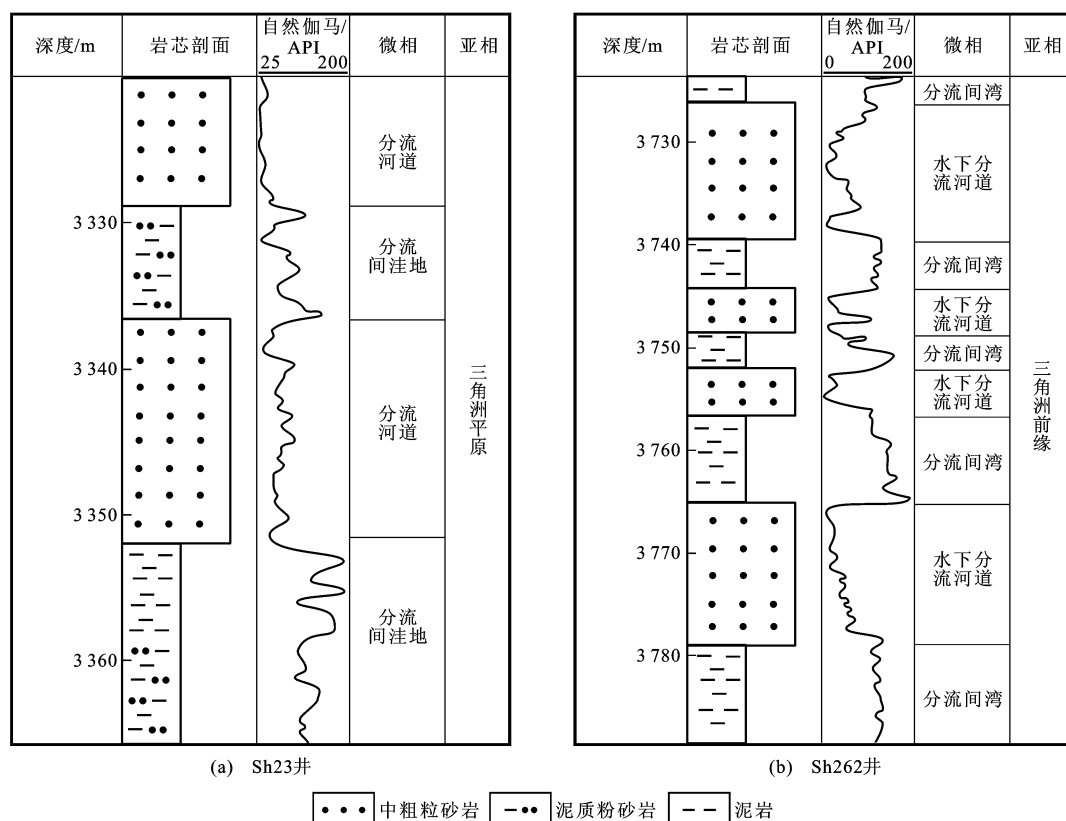


图4 盒8段钻井岩性组合与沉积相垂向序列特征

Fig. 4 Characteristics of Drilling Lithological Assemble and Sedimentary Facies Vertical Sequence in He-8 Member

(厚 12~45 m, 宽 12~32 km), 延伸距离达 160 km 以上。滨浅湖呈不规则状分布在研究区南缘: 侧向上, 多个分流河道(水下分流河道)在宽缓的斜坡区频繁地迁移, 河道反复被废弃与复活, 致使后来的分流河道相互叠置, 侧向加积, 砂坝与河道之间相互切割交替, 横向连片, 从而使得缓坡浅水辫状河三角洲反旋回结构较不明显; 垂向上, 缓坡浅水辫状河三角洲各沉积微相沉积共生, 且各微相对相互底接触面有冲刷现象, 表现出缓坡浅水辫状河三角洲分流河道(水下分流河道)的沉积特征。在盒 8 沉积期, 苏里格南部地区具有“稳定的构造、较浅的水体、平缓的古地貌、丰富的物源”等沉积条件, 因此, 三角洲整体向前推进距离长, 三角洲前缘相带宽广而平原相带相对较窄, 显示出“大前缘、小平原”的特点。缓坡浅水辫状河三角洲分流河道(水下分流河道)微相十分发育, 频繁分叉, 横向迁移, 各支流之间距离较短。

从沉积相平面图(图 4)可以看出, 研究区盒 8 沉积期的沉积相分布范围南、北不同。三角洲平原亚相展布面积较少, 而三角洲前缘相对较大。以定边一靖边以北到衡山以南一线为三角洲相带的分界线, 界线以北为三角洲平原亚相, 以南为三角洲前缘亚相, 再往南为滨浅湖沉积相, 其发育于研究区南部

边缘, 即环县—华池地区。

#### 4 沉积相对天然气富集成藏的影响

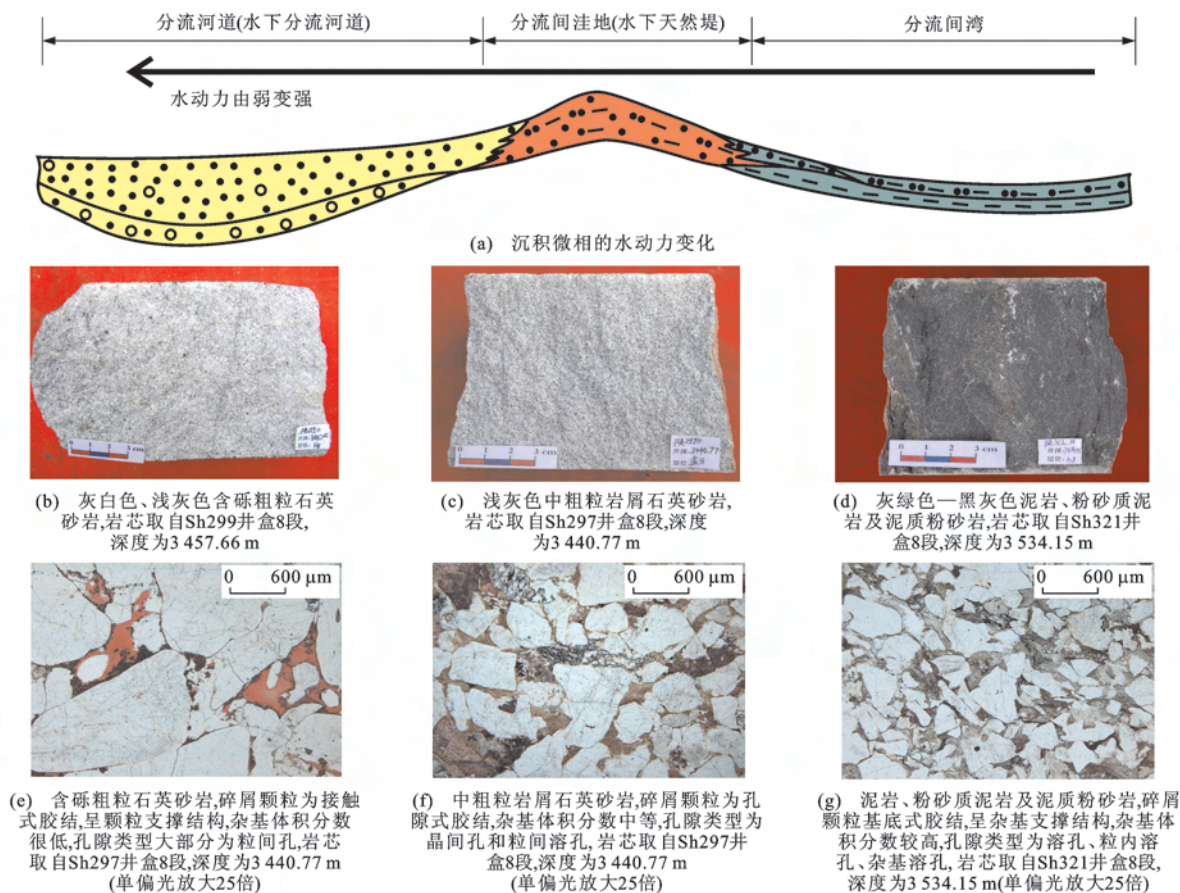
沉积相对天然气富集成藏、大面积分布起着至关重要的作用。有利的沉积相是天然气运移聚集的最有利载体。苏里格南部地区盒 8 段沉积相展布特征表明, 三角洲前缘的水下分流河道沉积是在三角洲平原的分流河道沉积基础上发展起来的, 两者形成大面积展布的骨架砂体, 且岩性主体为中—粗粒砂岩, 使其成为区内优质储集层, 为苏里格南部地区形成大型岩性气藏提供了可能<sup>[41]</sup>。

研究表明: 三角洲前缘的水下分流河道主河道部位水动力作用强, 沉积物颗粒粗, 分选好, 石英体积分数高, 杂基体积分数低, 溶蚀孔、晶间孔、粒间孔发育, 易形成高渗储集层; 而河道边部及间湾部位水动力减弱, 沉积物颗粒变细, 填隙物、软岩屑体积分数增加, 压实作用强, 相对致密, 储集层物性相对较差。因此, 优质储集层沿主河道方向分布, 进一步控制了天然气藏的空间分布。勘探实践表明, 苏里格南部地区气藏主要沿着主河道的位置分布。

不同沉积微相水动力条件差异影响着成岩作用的不同, 两者的有效配置又控制着有效储集层的分

布。大量的岩芯分析表明,沉积作用是成岩作用的基础。对于苏里格南部地区盒8段以河控为主的缓坡浅水辫状河三角洲沉积相和滨浅湖相的沉积来说,由于水动力条件的差异,沉积相形成的岩石在成分和组构上存在差异,导致其成岩作用不同;在浅水三角洲岩相中,水动力作用较强而沉积物粒度粗、杂

基体积分数低,为后期的成岩改造创造了条件,有利于孔隙水的流动、成岩矿物的运移和原生孔隙的保存(图5);在滨浅湖岩相中,随着水动力强度减弱,沉积物粒度变细,填隙物增多,在孔隙水流动不畅的情况下,成岩作用以压实作用和蚀变作用为主,溶蚀作用不发育。



从图(b)到图(c),再到图(d),石英体积分数呈降低的趋势;从图(e)到图(f),再到图(g),孔隙结构呈变差的趋势

图5 盒8段沉积相、岩性及孔隙结构显微照片

Fig. 5 Photomicrographs of Sedimentary Facies, Lithology and Pore Structure in He-8 Member

## 5 结 语

(1)鄂尔多斯盆地苏里格南部地区盒8段属于缓坡浅水辫状河三角洲沉积相和滨浅湖沉积相,主要为三角洲平原、三角洲前缘、滨湖和浅湖4类亚相,包括分流河道、分流间洼地、水下分流河道、水下天然堤、分流间湾、滨湖砂坝、滨湖泥湾和浅湖泥湾8种微相。

(2)研究区盒8段沉积相自北向南依次展布,各微相在平面上共同组成缓坡浅水辫状河三角洲沉积相,侧向上相互叠置,复合加积,垂向上各微相共生,并冲刷相互底接触面;滨浅湖各微相总体在研究区不太发育。

(3)研究区沉积相明显控制优质储集层的分布,进而影响着天然气的富集成藏。各微相水动力条件的差异造成微相在沉积物成分和组构上各异,导致其成岩作用不同。总体上,分流河道和水下分流河道微相发育处密集形成相互叠置的大面积骨架砂体,构成区内主砂带,成为天然气优质储集层,是今后有利的勘探相带。

## 参 考 文 献 :

## References :

- [1] 杨 华,刘自亮,朱筱敏,等.鄂尔多斯盆地西南缘上三叠统延长组物源与沉积体系特征[J].地学前缘,2013,20(2):10-18.

YANG Hua, LIU Zi-liang, ZHU Xiao-min, et al. Provenance and sedimentary system characteristics of the Upper Triassic Changling Formation in the southwestern margin of the Ordos Basin.



- nance and Depositional Systems of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Southwestern Ordos Basin, China[J]. *Earth Science Frontiers*, 2013, 20(2): 10-18.
- [2] 朱筱敏, 邓秀芹, 刘自亮, 等. 大型拗陷湖盆浅水辫状河三角洲沉积特征及模式: 以鄂尔多斯盆地陇东地区延长组为例[J]. *地学前缘*, 2013, 20(2): 19-28.  
ZHU Xiao-min, DENG Xiu-qin, LIU Zi-liang, et al. Sedimentary Characteristics and Model of Shallow Braided Delta in Large-scale Lacustrine: An Example from Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2013, 20(2): 19-28.
- [3] 朱筱敏, 刘媛, 方庆, 等. 大型拗陷湖盆浅水三角洲形成条件和沉积模式: 以松辽盆地三肇凹陷扶余油层为例[J]. *地学前缘*, 2012, 19(1): 89-99.  
ZHU Xiao-min, LIU Yuan, FANG Qing, et al. Formation and Sedimentary Model of Shallow Delta in Large-scale Lake: Example from Cretaceous Quantou Formation in Sanzhao Sag, Songliao Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2012, 19(1): 89-99.
- [4] 鲜本忠, 万锦峰, 姜在兴, 等. 断陷湖盆洼陷带重力流沉积特征与模式: 以南堡凹陷东部东营组为例[J]. *地学前缘*, 2012, 19(1): 121-135.  
XIAN Ben-zhong, WAN Jin-feng, JIANG Zai-xing, et al. Sedimentary Characteristics and Model of Gravity Flow Deposition in the Depressed Belt of Rift Lacustrine Basin: A Case Study from Dongying Formation in Nanpu Depression[J]. *Earth Science Frontiers*, 2012, 19(1): 121-135.
- [5] 单敬福, 陈欣欣, 乐江华, 等. 塔贝尔凹陷铜钵庙组沉积相分析[J]. *西南石油大学学报: 自然科学版*, 2013, 35(3): 1-8.  
SHAN Jing-fu, CHEN Xin-xin, LE Jiang-hua, et al. Sedimentary Facies Analysis in Tongbomiao Formation of Tarbell Depression[J]. *Journal of Southwest Petroleum University: Science and Technology Edition*, 2013, 35(3): 1-8.
- [6] 刘晓光, 陈启林, 白云来, 等. 鄂尔多斯盆地中寒武统张夏组沉积相特征及岩相古地理分析[J]. *天然气工业*, 2012, 32(5): 14-18.  
LIU Xiao-guang, CHEN Qi-lin, BAI Yun-lai, et al. Sedimentary Facies and Lithofacies Palaeogeography of the Middle Cambrian Zhangxia Formation in the Ordos Basin[J]. *Natural Gas Industry*, 2012, 32(5): 14-18.
- [7] 杨芙蓉, 张雷平, 赵卫卫. 下寺湾油田龙咀沟地区长 2 油层组沉积相特征及其对油层的控制作用[J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2013, 28(6): 14-21.
- YANG Fu-rong, ZHANG Lei-ping, ZHAO Wei-wei. Characteristics and Control Effect on Oil Reservoirs of Sedimentary Microfacies of Chang-2 Reservoirs of Yanchang Formation in Xiasiwang Oilfield[J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2013, 28(6): 14-21.
- [8] 陈兴强, 迟振卿, 闫臻, 等. 华北泥河湾盆地郝家台地区的沉积相组合特征: 以台儿沟东剖面为例[J]. *地学前缘*, 2012, 19(4): 227-238.  
CHEN Xing-qiang, CHI Zhen-qing, YAN Zhen, et al. Features of Sedimentary Facies of the Nihewan Basin in North China: An Example from the Eastern Taiergou Section[J]. *Earth Science Frontiers*, 2012, 19(4): 227-238.
- [9] 杨西燕, 沈昭国, 方少仙, 等. 鄂尔多斯盆地乌审旗气田中二叠统下石盒子组盒 8 段下亚段滩坝砂体沉积特征[J]. *古地理学报*, 2007, 9(2): 175-183.  
YANG Xi-yan, SHEN Zhao-guo, FANG Shao-xian, et al. Sedimentary Characteristics of Beach and Bar Sandbodies in the Lower Submember of Member 8 of Xiashihezi Formation of Middle Permian in Wushenqi Gasfield, Ordos Basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2007, 9(2): 175-183.
- [10] 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 Suo-tang, TIAN Jing-chun, CHEN Hong-de, et al. The Delta Depositional System Distribution of Late Paleozoic Era in Ordos Basin[J]. *Journal of Chengdu University of Technology: Science and Technology Edition*, 2003, 30(3): 236-241.
- [11] 郭英海, 刘焕杰, 权彪, 等. 鄂尔多斯地区晚古生代沉积体系及古地理演化[J]. *沉积学报*, 1998, 16(3): 44-51.  
GUO Ying-hai, LIU Huan-jie, QUAN Biao, et al. Late Paleozoic Sedimentary System and Paleogeographic Evolution of Ordos Area[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16(3): 44-51.
- [12] 沈玉林, 郭英海, 李壮福, 等. 鄂尔多斯地区石炭—二叠纪三角洲的沉积机理[J]. *中国矿业大学学报*, 2012, 41(6): 936-942.  
SHEN Yu-lin, GUO Ying-hai, LI Zhuang-fu, et al. Deposition Mechanism of Delta Carboniferous-Permian in Ordos Area[J]. *Journal of China University of Mining and Technology*, 2012, 41(6): 936-942.
- [13] 杨俊杰, 裴锡古. 中国天然气地质学: 卷 4, 鄂尔多斯盆地[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.  
YANG Jun-jie, PEI Xi-gu. *China Gas Geology: Volume*



- Four, Ordos Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996.
- [14] 杨 华, 刘新社, 孟培龙. 苏里格地区天然气勘探新进展[J]. 天然气工业, 2011, 31(2): 1-8.  
YANG Hua, LIU Xin-she, MENG Pei-long. New Development in Natural Gas Exploration of the Sulige Gas Fields[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(2): 1-8.
- [15] 徐 蒙, 王家豪, 徐东浩, 等. 苏里格气田苏120区块盒8段浅水辫状河三角洲砂体演化规律[J]. 沉积学报, 2013, 31(2): 340-349.  
XU Meng, WANG Jia-hao, XU Dong-hao, et al. The Sandbody Evolution of Shallow-water Braided River Deltas in the Eighth Member of Shihezi Formation in Block Su120, Sulige Gas Field[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(2): 340-349.
- [16] 王双明, 张玉平. 鄂尔多斯侏罗纪盆地形成演化和聚煤规律[J]. 地学前缘, 1999, 6(增): 147-155.  
WANG Shuang-ming, ZHANG Yu-ping. Study on the Formation, Evolution and Coal-accumulating Regularity of the Jurassic Ordos Basin[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(S): 147-155.
- [17] 汪正江, 陈洪德, 张锦泉. 鄂尔多斯盆地晚古生代沉积体系演化与煤成气藏[J]. 沉积与特提斯地质, 2002, 22(2): 18-23.  
WANG Zheng-jiang, CHEN Hong-de, ZHANG Jin-quan. The Late Palaeozoic Sedimentary Systems and Humic Gas Pools in the Ordos Basin[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2002, 22(2): 18-23.
- [18] 赵振宇, 郭彦如, 王 艳, 等. 鄂尔多斯盆地构造演化及古地理特征研究进展[J]. 特种油气藏, 2012, 19(5): 15-20.  
ZHAO Zhen-yu, GUO Yan-ru, WANG Yan, et al. Study Progress in Tectonic Evolution and Paleogeography of Ordos Basin[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2012, 19(5): 15-20.
- [19] 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志: 卷12, 长庆油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.  
Editing Group of Petroleum Geology of Changqing Oilfield. Changqing Oilfield Petroleum Geology of China: Volume 12, Changqing Oilfield[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992.
- [20] YANG H, FU J H, WEI X S, et al. Sulige Field in the Ordos Basin: Geological Setting, Field Discovery and Tight Gas Reservoirs[J]. Marine and Petroleum Geology, 2008, 25(4/5): 387-400.
- [21] 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.  
YANG Jun-jie. Tectonic Evolution and Oil/Gas Reservoirs Distribution in Ordos Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002.
- [22] 韩会平, 侯云东, 武春英. 鄂尔多斯盆地靖边气田山西组2<sup>3</sup>段沉积相与砂体展布[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(6): 50-52, 55.  
HAN Hui-ping, HOU Yun-dong, WU Chun-ying. Sedimentary Facies and Sandbody Distribution of the Member 2<sup>3</sup> of Shanxi Formation in Jingbian Gasfield, Ordos Basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2007, 14(6): 50-52, 55.
- [23] 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]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 68-71.  
HE Yi-zhong, CHEN Hong-de, ZHANG Jin-quan. Discussion on Sedimentation Mechanism of Two Kind Deltas from Permian-Carboniferous of Central Ordos Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2001, 22(1): 68-71.
- [24] 郭英海, 刘焕杰. 陕甘宁地区晚古生代沉积体系[J]. 古地理论, 2000, 2(1): 19-30.  
GUO Ying-hai, LIU Huan-jie. The Late Palaeozoic Depositional Systems of Shaanxi-Gansu-Ningxia Area[J]. Journal of Palaeogeography, 2000, 2(1): 19-30.
- [25] 魏红红, 彭惠群, 李静群, 等. 鄂尔多斯盆地中部石炭—二叠系沉积相带与砂体展布[J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 403-408.  
WEI Hong-hong, PENG Hui-qun, LI Jing-qun, et al. Distribution of Sedimentary Facies Belts and Sandstone Bodies of Permo-Carboniferous in the Central Part of Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(3): 403-408.
- [26] 张晓莉. 鄂尔多斯盆地中部上古生界沉积相演化[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(3): 26-29, 37.  
ZHANG Xiao-li. Sedimentary Facies Evolution of Upper Palaeozoic Formation in Ordos Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2005, 27(3): 26-29, 37.
- [27] 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.  
YANG Ren-chao, HAN Zuo-zhen, LI Wen-hou, et al. Sedimentary Characteristics and Models of Deltas from Permian System in Ordos Area[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2004, 34(3): 340-344.
- [28] 许 磊, 于兴河, 杨 勇, 等. 苏里格南部地区盒8段致密砂岩储层成岩作用及成岩相划分[J]. 天然气工业, 2012, 32(7): 15-20.  
XU Lei, YU Xing-he, YANG Yong, et al. Diagenesis

- and Diagenetic Facies of Tight Sandstone Reservoirs in the 8th Member of the Shihezi Formation, Southern Sulige Gas Field[J]. *Natural Gas Industry*, 2012, 32(7):15-20.
- [29] 谢庆宾, 孙建, 陈菁萍, 等. 苏里格大气田多成因河道砂体的分布模式研究[J]. *地学前缘*, 2013, 20(2): 40-51.
- XIE Qing-bin, SUN Jian, CHEN Jing-ping, et al. Model of the Distribution of the Ploygenetic Channel Sand Body of Sulige Large Gas Field[J]. *Earth Science Frontiers*, 2013, 20(2): 40-51.
- [30] 王晓梅, 赵靖舟, 刘新社. 苏里格地区致密砂岩地层水赋存状态和产出机理探讨[J]. *石油实验地质*, 2012, 34(4): 400-405.
- WANG Xiao-mei, ZHAO Jing-zhou, LIU Xin-she. Occurrence State and Production Mechanism of Formation Water in Tight Sandstone Reservoirs of Sulige Area, Ordos Basin[J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2012, 34(4): 400-405.
- [31] 李贤庆, 冯松宝, 李剑, 等. 鄂尔多斯盆地苏里格大气田天然气成藏地球化学研究[J]. *岩石学报*, 2012, 28(3): 836-846.
- LI Xian-qing, FENG Song-bao, LI Jian, et al. Geochemistry of Natural Gas Accumulation in Sulige Large Gas Field in Ordos Basin[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(3): 836-846.
- [32] 赵卫卫, 王秀娟, 杨兆林, 等. 苏里格地区下古生界马家沟组地层水化学特征与天然气聚集关系[J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2012, 27(1): 35-41, 52.
- ZHAO Wei-wei, WANG Xiu-juan, YANG Zhao-lin, et al. Relationship Between Hydrochemical Characteristics of Majiagou Formation Water in Lower Paleozoic in Sulige Region and Natural Gas Accumulation[J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2012, 27(1): 35-41, 52.
- [33] 刘毅, 李建奇, 冯强汉, 等. 苏里格气田苏48区块石盒子组8段气水识别方法研究[J]. *石油天然气学报*, 2014, 36(9): 84-87.
- LIU Yi, LI Jian-qi, FENG Qiang-han, et al. Gas and Water Identification Method in Block Su 48 in the 8th Member of Shihezi Formation in Sulige Gasfield[J]. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2014, 36(9): 84-87.
- [34] 王涛, 侯明才, 王文楷, 等. 苏里格气田召30井区盒8段层序格架内砂体构型分析[J]. *天然气工业*, 2014, 34(7): 27-33.
- WANG Tao, HOU Ming-cai, WANG Wen-kai, et al. Sand Body Configuration of Sequence Stratigraphic Framework of the 8th Member of the Permian Lower Shihezi Formation in Zhao 30 Wellblock, Eastern Sulige Gas Filed, Ordos Basin[J]. *Natural Gas Industry*, 2014, 34(7): 27-33.
- [35] 侯加根, 唐颖, 刘钰铭, 等. 鄂尔多斯盆地苏里格气田东区致密储层分布模式[J]. *岩性油气藏*, 2014, 26(3): 1-6.
- HOU Jia-gen, TANG Ying, LIU Yu-ming, et al. Distribution Patterns of Tight Reservoirs in Eastern Sulige Gas Field, Ordos Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2014, 26(3): 1-6.
- [36] WALKER R G, JAMES N P. Facies Models: Response to Sea Level Change[M]. St. John's: Geological Association of Canada, 1992.
- [37] SCHUMM S A. Evolution and Response of the Fluvial System, Sedimentologic Implications[J]. *Special Publications of SEPM*, 1981, 31: 19-29.
- [38] 杨昌贵, 袁志祥. 鄂尔多斯盆地晚二叠世湖相沉积[J]. *沉积学报*, 1988, 6(2): 123-131.
- YANG Chang-gui, YUAN Zhi-xiang. Lacustrine Deposits in Late Permian of Eerduosi Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1988, 6(2): 123-131.
- [39] 邢厚松, 肖红平, 孙粉锦, 等. 鄂尔多斯盆地中东部下二叠统山西组二段沉积相[J]. *石油实验地质*, 2008, 30(4): 345-351.
- XING Hou-song, XIAO Hong-ping, SUN Fen-jin, et al. Sedimentary Facies of Member 2 of Shanxi Formation of Lower Permian in the Middle-eastern Ordos Basin[J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2008, 30(4): 345-351.
- [40] 张宗林, 田景春, 罗香建, 等. 鄂尔多斯盆地北部二叠系下石盒子组洪水泥石流与牵引流沉积特征[J]. *地球科学与环境学报*, 2014, 36(3): 21-30.
- ZHANG Zong-lin, TIAN Jing-chun, LUO Xiang-jian, et al. Sedimentary Characteristics of Flood Debris Flow and Traction Current in the Lower Shihezi Formation of Permian in the Northern of Ordos Basin[J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2014, 36(3): 21-30.
- [41] 韩会平, 武春英, 季海琨, 等. 苏里格南部地区上古生界天然气成藏条件及勘探潜力[J]. *油气地质与采收率*, 2014, 21(4): 33-36.
- HAN Hui-ping, WU Chun-ying, JI Hai-kun, et al. Reservoir-forming Conditions and Exploration Potential of Natural Gas in the Upper Paleozoic, Southern Area of Sulige[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2014, 21(4): 33-36.