

鄂尔多斯盆地保德地区上古生界沉积相 与沉积演化特征

王越¹ 陈世悦¹ 梁绘媛² 王剑³ 李天宝¹

(1.中国石油大学(华东)地球科学与技术学院 山东青岛 266580; 2.中石化胜利油田分公司 山东东营 257000;
3.新疆油田公司实验检测研究院 新疆克拉玛依 834000)

摘要 山西组与下石盒子组是鄂尔多斯盆地上古生界主要的勘探目的层系,本溪组和太原组发育的煤层是主要的烃源岩,深入研究上古生界沉积相及沉积演化特征对油气勘探具有一定的指导意义。以保德地区扒楼沟剖面露头实测为基础,通过岩性和岩石组合、沉积相分析,建立了不同沉积体系的沉积序列,并进一步探讨了该区上古生界沉积演化过程。结果表明:保德地区上古生界自下而上发育本溪组、太原组、下石盒子组、上石盒子组、石千峰组,识别出障壁海岸、碳酸盐台地、曲流河和辫状河4种沉积相,并建立8种典型的沉积序列;受区域构造演化控制,本溪组与太原组时期发生大规模海侵,山西组至石千峰组时期海水逐渐退出盆地,研究区晚古生代经历了障壁海岸—碳酸盐台地—河流相的沉积演化过程。

关键词 鄂尔多斯盆地 保德地区 上古生界 沉积相 沉积序列 沉积演化

第一作者 王越 男 1988年出生 博士研究生 沉积学及层序地层学 E-mail:620788364@qq.com

中图分类号 TE121.3 **文献标识码** A

0 引言

鄂尔多斯盆地是我国重要的大型含油气—含煤盆地,其上古生界蕴藏丰富的天然气资源,在盆地北部已发现苏里格、大牛地、榆林、乌审旗等多个大型气田,并且依然具有很大的勘探潜力^[1-5]。太原组、山西组和下石盒子组是鄂尔多斯盆地上古生界的主要含气层系,以低孔、低渗、低丰度、大面积分布的砂岩岩性气藏为主^[6-8]。目前对于主要含气层系的沉积相类型、沉积序列及储集砂体类型存在多种认识。多数学者认为太原组为障壁海岸—碳酸盐台地沉积体系^[9-10],主要发育障壁砂坝^[5]、潮坪砂坝^[11]和三角洲砂体^[12-13],也有学者认为太原组上部发育辫状河河道砂体^[14]。大部分观点认为山西组为陆表海背景下的海陆过渡沉积演化阶段,主要发育曲流河—三角洲^[15-17]、河控—潮控浅水辫状河三角洲沉积^[18-20]。在下石盒子组时期盆地大部分地区以河流—三角洲相沉积为主^[21-24],部分地区发育湖泊沉积体系^[25-27]。明确储集砂体的成因类型、规模及叠置方式对气田开发技术方案的制定具有重要的指导意义。因此,本文以保德地区扒楼沟剖面上古生界露头实测为基础,通

过剖面精细解释与岩性、岩石组合及沉积构造分析,划分沉积相类型,建立相应的沉积序列,并进一步探讨沉积演化特征,为鄂尔多斯盆地北部上古生界地下储集砂体成因类型的确定和分布预测提供依据。

1 区域地质背景

扒楼沟剖面位于山西保德县城东南约25 km,构造位置上属于鄂尔多斯盆地东缘的晋西挠褶带(图1)。该地区上古生界出露齐全且剖面发育良好,接触关系清楚,为露头研究创造了良好的条件。通过露头实测、岩性与岩石组合特征分析,结合其他剖面资料及前人成果,将该地区上古生界自下而上划分为上石炭统本溪组、下二叠统太原组和山西组、中二叠统下石盒子组和上石盒子组及上二叠统石千峰组(图2)。

2 地层沉积特征

2.1 本溪组沉积特征

本溪组为奥陶系风化壳之上的铁铝岩层至保德灰岩底面之间的所有岩层(图3A,B),自下而上可划分为本2段和本1段。本2段发育灰色泥岩、灰色粉砂岩及煤层。本1段下部在垂向上表现为由砂岩、煤

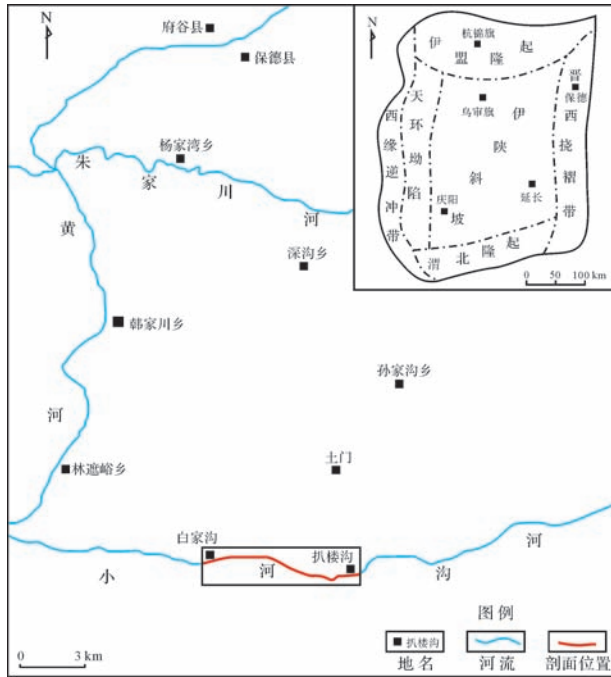


图1 山西保德扒楼沟剖面位置图

Fig.1 Location of Palougou profile in Baode, Shanxi province

层与泥岩构成的多组沉积旋回(图3C);上部由扒楼沟灰岩、细砂岩、深灰色泥岩及煤层组成(图3D)。本溪组沉积时期,鄂尔多斯盆地发生大规模海侵,陆表海广泛分布,保德地区发育障壁海岸与碳酸盐台地沉积体系。

2.1.1 障壁海岸

本溪组下部发育障壁海岸沉积体系,进一步划分为潮道亚相与潟湖亚相,垂向上表现为由潮道砂体与潟湖泥炭坪构成的多组沉积旋回(图3E),反映研究区海侵—海退较为频繁。

(1) 潮道

本1段下部发育4套潮道砂体,厚度一般为2~4 m,呈底凸顶平的外部几何形态,内部侧积现象明显(图3C)。潮道沉积自下而上依次为:①底部大型的冲刷面,冲刷下伏沉积物(图3C);②深水潮道相,下部以石英砾岩为主,砾石平均粒径约0.3 cm,呈棱角一次棱角状,分选较差,层理不明显(图4G),向上过渡为具有中型槽状交错层理的石英砂岩(图4H);③浅水潮道相,为具有小型羽状交错层理的石英砂岩(图4I)。

(2) 潟湖

本1段下部发育潟湖泥炭坪,垂向上与潮道砂体相互叠置,以稳定分布的厚层泥岩、炭质泥岩和煤层

为主,夹少量薄层石膏(图4J)。

2.1.2 碳酸盐台地

本溪组晚期,海侵范围进一步扩大,保德地区过渡为碳酸盐台地沉积体系,以局限台地和潮坪亚相为主,潮坪亚相主要发育泥炭坪。碳酸盐台地沉积序列开始于局限台地(图3C,F),发育生物碎屑灰岩(图3K),内部夹有泥炭坪相的薄层煤线(图3L);上部发育泥炭坪相的灰色泥岩与煤层(图3M)。

2.2 太原组沉积特征

太原组为保德灰岩至北岔沟砂岩底面之间的所有岩层(图4A),自下而上可划分为太2段和太1段。太原组沉积时期,保德地区仍以碳酸盐台地沉积体系为主,进一步划分为局限台地亚相和潮坪亚相(图4B)。

(1) 局限台地

太2段的保德灰岩属于局限台地相沉积,以泥质灰岩(图4C)、生物碎屑灰岩为主,可见保存较完整的腕足类生物化石以及生物遗迹化石(图4D,E),表明当时为低能、静水的沉积环境。

(2) 潮坪

太1段以潮坪亚相的泥炭坪微相沉积为主,底部为土门页岩,主要发育深灰色钙质页岩,夹有薄层泥灰岩、灰质结核(图4F),灰质结核内偶见生物化石碎片(图4G);上部发育薄层煤线。

2.3 山西组沉积特征

山西组为北岔沟砂岩至骆驼脖子砂岩底面之间的所有岩层,研究区发育以河流相为主的含煤碎屑岩系,按岩性组合、沉积旋回及含煤性自下而上分为山2段和山1段,其中山2段与山1段上部发育曲流河相,山1段下部发育辫状河相。

2.3.1 辫状河

山1段下部发育辫状河相,以河床沉积为主,进一步划分为河道和心滩2个微相(图5A)。河道砂体与心滩砂体在外部几何形态、内部结构、岩性及垂向沉积序列等方面存在显著差异(图5B,C)。

(1) 河道

露头上可见水道砂体呈底凸顶平的外部几何形态,长约70 m,厚约10 m,以浅黄色细砂岩—中砂岩为主,底部可见明显的冲刷面,冲刷面上发育滞留砾岩,夹有植物茎干化石,砾石最大粒径约7 cm,平均粒径约3 cm(图5D);下部过渡为大型槽状交错层理,层系宽约3 m,高约0.5 m(图5E),上部槽状层理规模变小,层系宽约1.5 m,高约0.3 m,反映了水动力

条件较强,且向上逐渐减弱。此沉积序列整体上具有向上变细的沉积特点,整体以充填型砂质沉积为主。

(2) 心滩

心滩砂体呈底平顶凸的外部几何形态,长约 90

m,厚约 13 m,以浅黄色中砂岩—粗砂岩为主,底部发育滞留砾岩,由次棱角状—次圆状、分选中等、平均粒径为 1.5 cm 的砾石组成,厚度一般在 10~20 cm 之间 (图5F);下部发育块状层理粗砂岩,厚度约5~6m

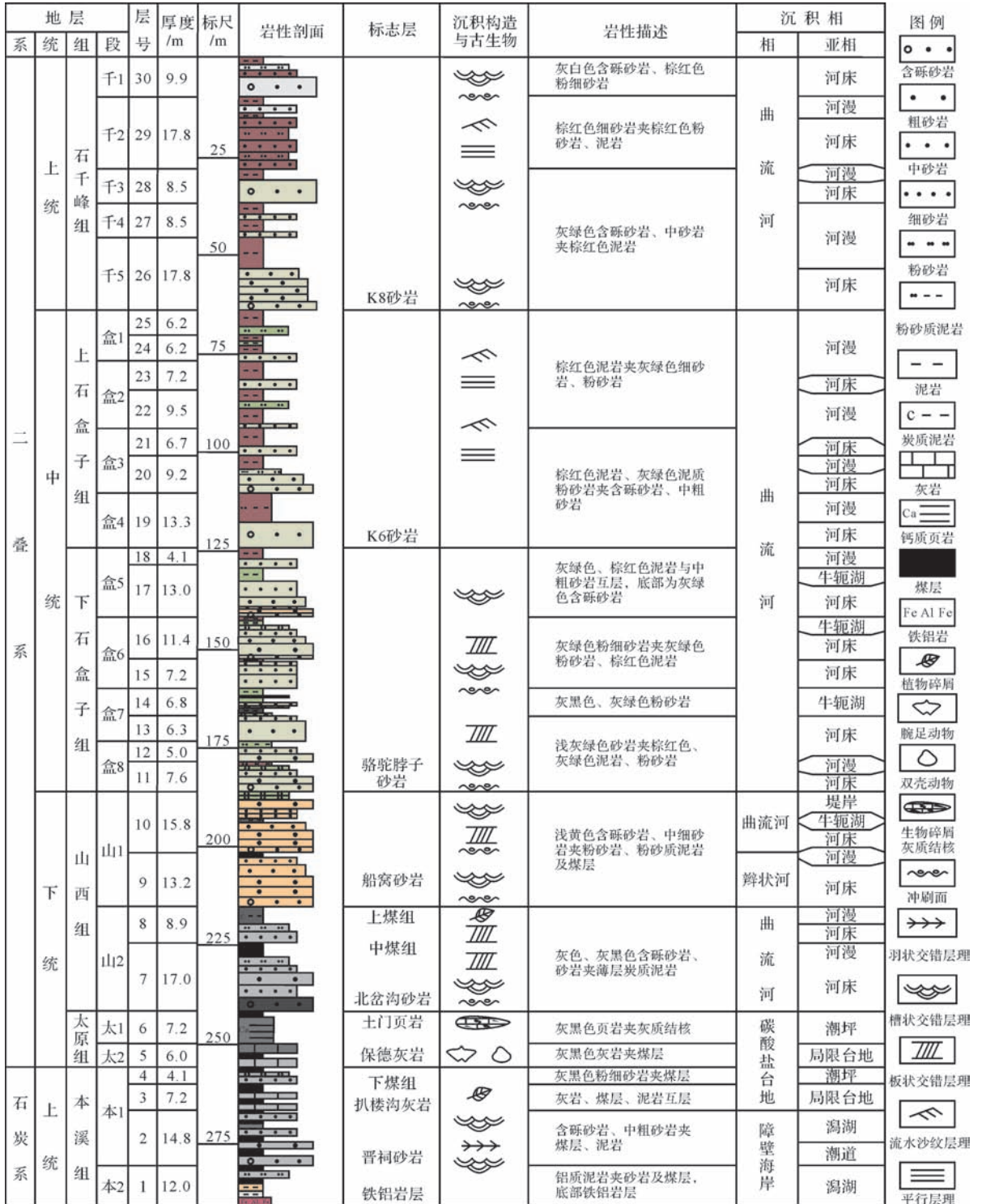


图2 扒楼沟剖面上古生界综合柱状图

Fig.2 The Upper Paleozoic integrated histogram of Palougou profile

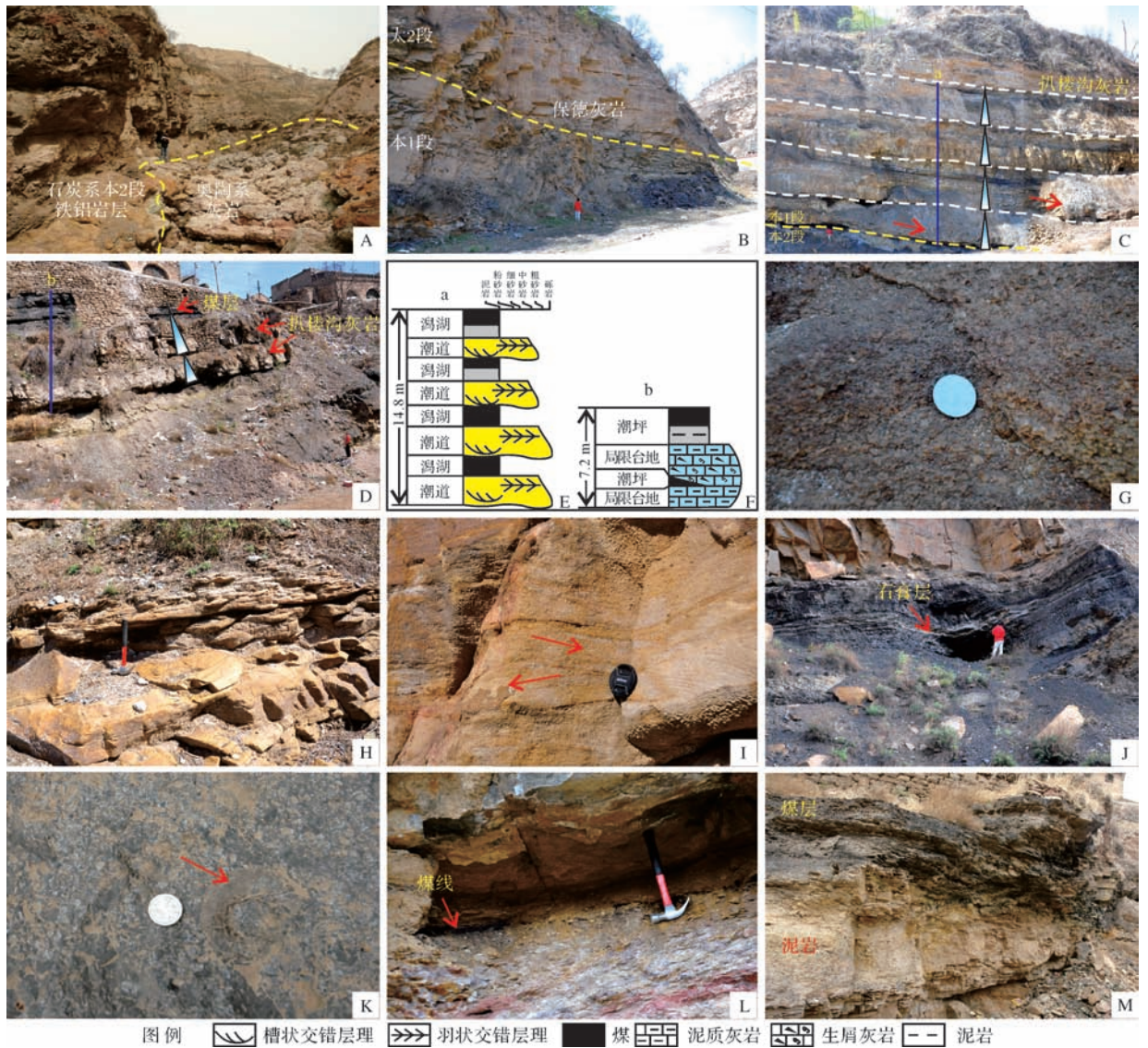


图3 扒楼沟剖面石炭系本溪组地层特征、沉积序列及沉积构造

A.石炭系本溪组与奥陶系分界线;B.本2段与太1段分界线;C.本1段下部沉积旋回;D.本1段上部沉积旋回;E.障壁海岸沉积序列;F.碳酸盐台地沉积序列;G.石英砾岩,本1段下部;H.石英砾岩具槽状交错层理,本1段下部;I.石英砾岩具羽状交错层理,本1段下部;J.煤层夹薄层石膏,本1段下部;K.生物碎屑灰岩,本1段上部;L.灰岩之间夹有薄层煤线,本1段上部;M.泥岩与煤层,本1段上部。

Fig.3 Strata characteristics, sedimentary sequence and structures in Paloukou profile of Benxi Formation, Carboniferous System

(图5G),夹有灰绿色薄层泥岩(图5H),即落淤层;上部发育小型槽状交错层理中细砂岩,纹层与层系界面平行,下凹方向一致(图5I);顶部发育多组低角度下截型板状交错层理中细砂岩,纹层界面倾角一般为 $14^{\circ}\sim 20^{\circ}$,层系厚度 $10\sim 20\text{ cm}$ (图5J),内部夹有薄层灰绿色泥岩(图5K)。此沉积序列在垂向上粒度变化不大,韵律特征不明显,为垂向加积的产物。

2.3.2 曲流河

山1段上部曲流河沉积垂向上表现为砂岩与泥

岩(含煤层)互层的沉积特征,可进一步划分为河道、堤岸、牛轭湖和河漫4个亚相(图6A,B)。

(1) 河道

河道沉积表现为下粗上细的正粒序结构,可划分为滞留沉积和点坝沉积两个微相。滞留沉积砾岩位于河道底部,砾石粒径范围为 $1\sim 2\text{ cm}$,磨圆呈次棱角、次圆状,分选一般,略定向排列(图6C)。点坝下部发育槽状交错层理中粗砂岩(图6D,E),上部发育板状交错层理中细砂岩,侧积现象明显,夹有倾斜薄

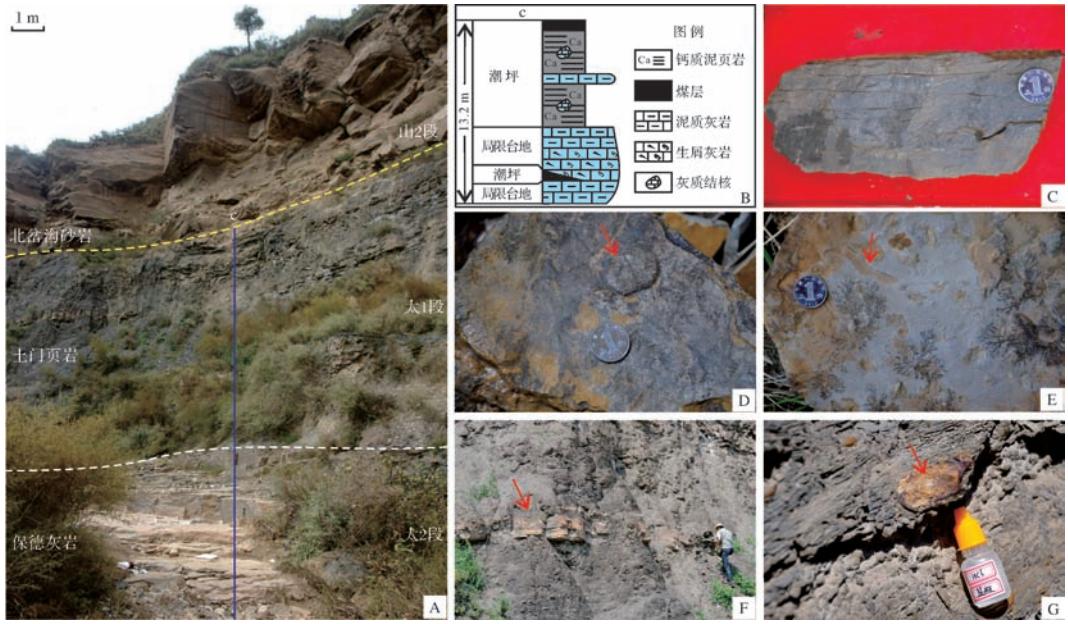


图4 扒楼沟剖面二叠系太原组地层特征、沉积序列及沉积构造

A.太原组与山西组分界;B.碳酸盐台地沉积序列;C.泥质灰岩;D.分喙石燕化石;E.生物遗迹化石;F.钙质页岩夹薄层灰岩;G.灰质结核内生物化石碎片

Fig.4 Strata characteristics, sedimentary sequence and structures in Paloungou profile of Taiyuan Formation, Permian System

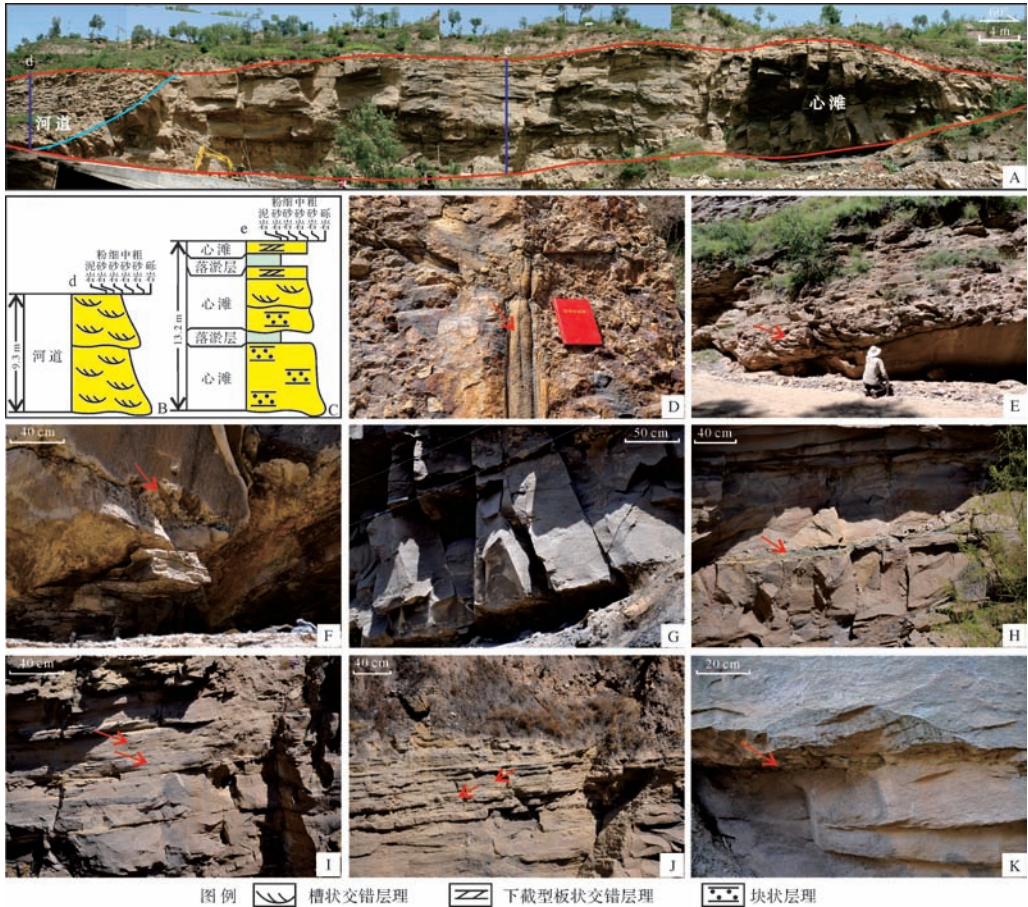


图5 扒楼沟剖面二叠系山1段下部辫状河露头特征、沉积序列及沉积构造

A.辫状河露头剖面特征;B.河道沉积序列;C.心滩沉积序列;D.河道底部滞留砾岩夹植物茎干化石;E.河道下部大型槽状交错层理;F.心滩底部的滞留砾岩;G.心滩下部的块状砂岩;H.绿色薄层泥岩;I.心滩上部的小型槽状交错层理;J.心滩顶部的下截型板状交错层理;K.灰绿色薄层泥岩。

Fig.5 Braided river outcrop characteristics, sedimentary sequence and structures in Paloungou profile of the lower part of the first member of Shanxi Formation, Permian System

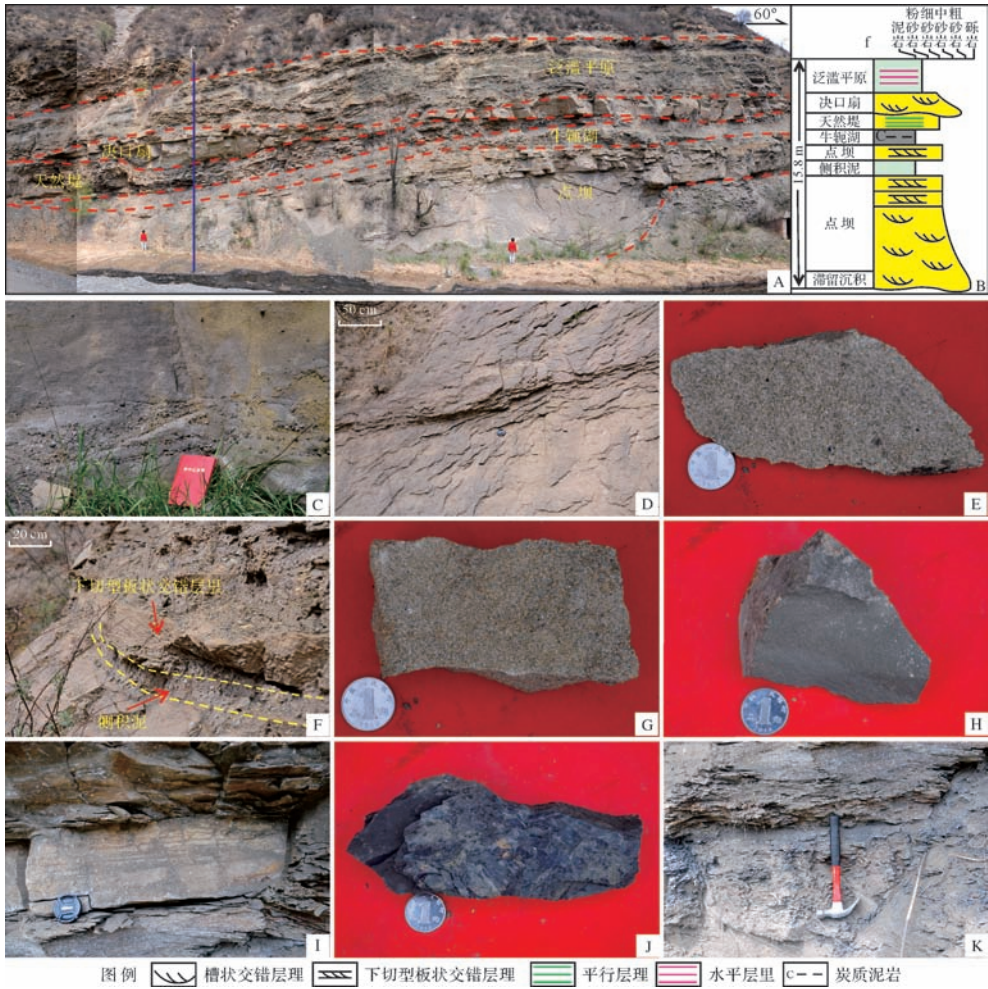


图6 扒楼沟剖面二叠系山1段上部曲流河露头特征、沉积序列及沉积构造

A.曲流河露头剖面特征;B.曲流河沉积序列;C.滞留砾岩;D.槽状交错层理;E.灰色中粗粒岩屑石英砂岩;F.下切型板状交错层理;G.灰色中细粒岩屑石英砂岩;H.灰色粉细砂岩;I.粉细砂岩具平行层理;J.炭质泥岩;K.炭质泥岩具水平层理。

Fig.6 Meandering river outcrop characteristics, sedimentary sequence and structures in Paloungou profile of the upper part of the first member of Shanxi Formation, Permian System

层状泥岩(图6F,G)。

(2) 堤岸

山西组沉积时期,气候湿润,雨量充沛,洪水期常发育堤岸沉积,进一步分为天然堤与决口扇两个微相。天然堤以浅黄色薄板状细砂岩、粉砂岩为主(图6H),发育平行层理(图6I),厚度介于1~3 m,宽度介于30~70 m。决口扇由多个小型透镜状砂体构成,底部可见明显的冲刷面,下部为槽状交错层理中粗砂岩,厚度介于1.5~2 m,宽度介于8~14 m,宽厚比约为5~7;上部为槽状交错层理中细砂岩,厚度介于0.5~0.8 m,宽度介于9~12 m,宽厚比约为15~18,宽厚比明显大于下部砂体,反映决口后期水动力强度减弱。

(3) 牛轭湖与河漫

山西组沉积时期,植被繁盛,牛轭湖常形成小型沼泽,以炭质泥岩为主(图6J),发育水平层理(图6K)。河漫亚相主要以泛滥平原沉积为主,由具有水平层理的灰绿色泥岩、泥质粉砂岩构成,厚约2~3 m。

2.4 下石盒子组沉积特征

下石盒子组:指骆驼脖子砂岩至K6砂岩底面之间的所有岩层,与下伏山西组为侵蚀不整合接触。下石盒子组沉积时期,气候转为炎热干旱,整体表现为棕红色—灰绿色为主的碎屑岩系,煤层不发育。岩性以浅灰绿色含砾粗砂岩、中粗砂岩及灰绿色、棕红色粉砂质泥岩为主,一般厚60~80 m,依据岩性特征自下而上分为盒8、盒7、盒6和盒5段。

下石盒子沉积时期,研究区以曲流河沉河道亚相、牛轭湖亚相与河漫亚相为主(图7A),共发育两种沉积序列,分别位于河流凸岸一侧和凹岸一侧(图7B,C)。

在曲流河凸岸一侧,自下而上沉积物具有明显变细的特点,底部发育大型冲刷面,以滞留沉积的砾岩和含砾粗砂岩为主(图7D),向上过渡为点坝沉积的槽状交错层理中粗砂岩(图7E)和下切型板状交错层理中砂岩(图7F),侧积现象明显,并夹有薄层泥岩。河道上部为河道废弃后充填的灰绿色粉砂质泥岩和棕红色粉砂质泥岩,分别为牛轭湖和泛滥平原沉积,此沉积序列垂向上具有砂多泥少的沉积特征,为曲流河点坝沉积序列。

在曲流河凹岸一侧,下部发育薄层滞留砾岩与厚层槽状交错层理中粗砂岩,上部为厚层灰绿色、棕红色粉砂质泥岩,有时夹有薄层流水沙纹粉细砂岩(图7H),即漫溢砂。与曲流河凸岸沉积序列相比,此序列垂向上具有泥多砂少的沉积特征,为曲流河废弃河道沉积序列。

2.5 上石盒子组沉积特征

上石盒子组:指K6砂岩至K8砂岩底面之间的所有岩层,以灰绿色、棕红色泥岩为主,夹薄层灰绿色含砾粗砂岩、中粗砂岩及粉砂岩等,一般厚140~160m,自下而上分为盒4、盒3、盒2和盒1段(图2)。上石盒子组以曲流河相的泛滥平原厚层棕红色粉砂质泥岩为主,河道砂体较薄。

2.6 石千峰组沉积特征

石千峰组:指K8砂岩至刘家沟组底部砂岩之间的所有岩层,以灰绿色、棕红色、灰白色含砾粗砂岩、中砂岩、细砂岩为主,夹有棕红色泥岩、粉砂岩,自下而上分为千5、千4、千3、千2和千1段(图2)。石千峰组以曲流河河道砂体为主,泛滥平原相的棕红色粉砂质泥岩减薄。

3 沉积演化

晚石炭世本溪组时期盆地东部地台持续沉降,海水自东北方向侵入^[28-31],研究区再次接受沉积。本

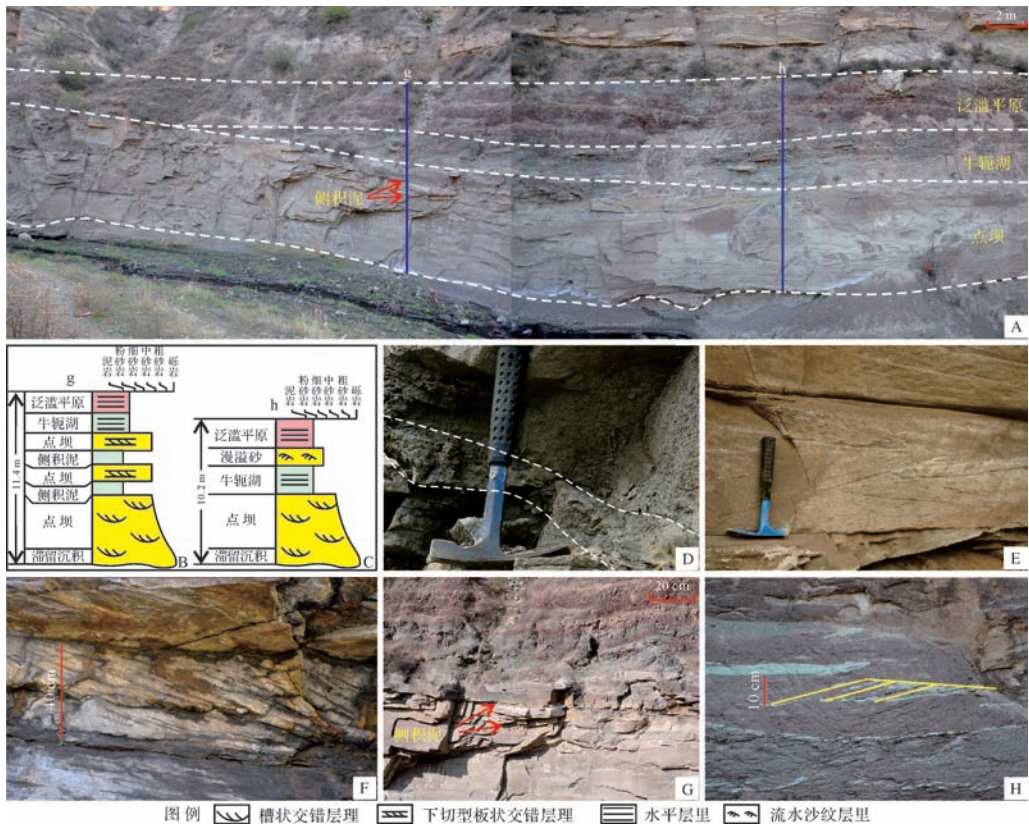


图7 扒楼沟剖面二叠系盒6段曲流河露头特征、沉积序列及沉积构造

A.曲流河砂体叠置关系;B.曲流河凸岸沉积序列;C.曲流河凹岸沉积序列;D.滞留砾岩;E.槽状交错层理;F.下切型板状交错层理;G.下切型板状交错层理砂岩夹侧积泥;H.粉细砂岩具流水沙纹层理。

Fig.7 Meandering river outcrop characteristics, sedimentary sequence and structures in Palougou profile of the lower Shihezi Formation, Permian System

溪组早期主要发育障壁海岸沉积体系,在垂向剖面上潮道与潟湖沉积呈互层状产出,构成反复叠置的沉积序列。本溪组晚期至太原组沉积时期,东部海水侵入范围继续扩大,研究区以碳酸盐台地相的泥质灰岩、生物碎屑灰岩、煤层和钙质页岩为主。早二叠世山西期,鄂尔多斯盆地北缘抬升,海水从盆地东西两侧开始逐渐退出,研究区发育以河流相为主的含煤碎屑岩系。山2期以厚层曲流河河道砂体沉积为主,在河道顶部发育厚度较大、区域性分布的炭质泥岩、煤层。山1段早期本区过渡为辫状河相,主要发育厚层河道砂体与心滩砂体,横向分布较广,砂体顶部可见薄层煤线;山1段晚期物源供给能力减弱,泛滥平原相的泥岩沉积增多,曲流河河道砂体与堤岸砂体常呈孤立状分布。中二叠世下石盒子期,盆地北部构造活动进一步加剧,海水向南继续退去,古气候向干旱—半干旱转变,发育棕红色—灰绿色为主的碎屑岩系,主要以曲流河河道砂体沉积为主。中二叠世上石盒子期,北部物源区抬升幅度减缓,陆源碎屑物质供给减少,本区以曲流河泛滥平原相的棕红色泥岩沉积为主,夹有薄层的河道砂体。晚二叠世石千峰期,华北地台整体抬升导致海水从盆地完全退出,加之气候趋于干旱,发育以曲流河相为主的红色碎屑岩系。

4 结论

(1) 鄂尔多斯盆地保德地区上古生界自下而上发育上石炭统本溪组、下二叠统太原组和山西组、中二叠统下石盒子组和上石盒子组及上二叠统石千峰组,识别出障壁海岸、碳酸盐台地、曲流河和辫状河4种沉积相类型。

(2) 在保德地区,障壁海岸相主要在本溪组下部发育,垂向上表现为潮道与潟湖呈互层状产出的沉积序列;碳酸盐台地相主要在本溪组上部和太原组发育,表现为局限台地与台地泥炭坪间互的沉积序列;曲流河相主要在山2段、下石盒子组、上石盒子组及石千峰组发育,共存在3种典型的沉积序列;辫状河相发育在山1段,以河道和心滩砂体沉积为主,分别发育不同的沉积序列。

(3) 研究区上古生界本溪组至石千峰组整体为海侵—海退的沉积过程,海侵开始于本溪组初期,在太原组时期海侵规模达到最大,山西组至石千峰组时期海水逐渐退去,该地区经历了障壁海岸—碳酸盐台地—河流相的沉积演化过程。

参考文献 (References)

- 胡朝元,钱凯,王秀芹,等. 鄂尔多斯盆地上古生界多藏大气田形成的关键因素及气藏性质的嬗变[J]. 石油学报, 2010, 31(6): 879-884. [Hu Chaoyuan, Qian Kai, Wang Xiuqin, et al. Critical factors for the formation of an Upper Paleozoic giant gas field with multiple gas reservoirs in Ordos Basin and the transmutation of gas reservoir properties[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(6): 879-884.]
- 闵琪,付金华,席胜利,等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气运移聚集特征[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 26-29. [Min Qi, Fu Jinhua, Xi Shengli, et al. Characteristics of natural gas migration and accumulation in the Upper Paleozoic of Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(4): 26-29.]
- 李剑,魏国齐,谢增业,等. 中国致密砂岩大气田成藏机理与主控因素——以鄂尔多斯盆地和四川盆地为例[J]. 石油学报, 2013, 34(增刊1): 14-28. [Li Jian, Wei Guoqi, Xie Zengye, et al. Accumulation mechanism and main controlling factors of large tight sandstone gas fields in China: Cases study on Ordos Basin and Sichuan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34(Suppl.1): 14-28.]
- 赵靖舟,付金华,姚泾利,等. 鄂尔多斯盆地准连续型致密砂岩大气田成藏模式[J]. 石油学报, 2012, 33(增刊1): 37-52. [Zhao Jingzhou, Fu Jinhua, Yao Jingli, et al. Quasi-continuous accumulation model of large tight sandstone gas field in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(Suppl.1): 37-52.]
- 郑文波,胡向阳,陈舒薇,等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田上古生界沉积演化特征[J]. 沉积学报, 2015, 33(2): 306-313. [Zheng Wenbo, Hu Xiangyang, Chen Shuwei, et al. Characteristics of sedimentary evolution in the Upper Paleozoic, Daniudi gasfield, Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2015, 33(2): 306-313.]
- 付金华,魏新善,任军峰. 伊陕斜坡上古生界大面积岩性气藏分布与成因[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(6): 664-667, 691. [Fu Jinhua, Wei Xinshan, Ren Junfeng. Distribution and genesis of large-scale Upper Palaeozoic lithologic gas reservoirs on Yi-Shaan Slope[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(6): 664-667, 691.]
- 李熙喆,张满郎,谢武仁. 鄂尔多斯盆地上古生界岩性气藏形成的主控因素与分布规律[J]. 石油学报, 2009, 30(2): 168-175. [Li Xizhe, Zhang Manlang, Xie Wuren. Controlling factors for lithologic gas reservoir and regularity of gas distribution in the Upper Paleozoic of Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(2): 168-175.]
- 郝蜀民,惠宽洋,李良. 鄂尔多斯盆地大牛地大型低渗气田成藏特征及其勘探开发技术[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 762-768. [Hao Shumin, Hui Kuanyang, Li Liang. Reservoiring features of Daniudi low-permeability gas field in Ordos Basin and its exploration and development technologies[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(6): 762-768.]
- 陈世悦,刘焕杰. 华北地台东部石炭—二叠纪岩相古地理特征[J]. 中国区域地质, 1997, 16(4): 379-386. [Chen Shiyue, Liu Huanjie. Carboniferous-Permian lithofacies and paleogeography in the eastern part of the North China Platform[J]. Regional Geology of China, 1997, 16(4): 379-386.]
- 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 Yinghai, Liu Huanjie, Quan Biao, et al. Late Paleozoic sedimentary system and paleogeographic evolution of Ordos area[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(3): 44-51.]
- 11 杨辰雨, 田景春, 张翔, 等. 基于砂体构型精细刻画潮坪砂坝优质砂体——以大牛地气田 D17 井区太原组 2 段为例[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(2): 248-254. [Yang Chenyu, Tian Jingchun, Zhang Xiang, et al. Configuration-based fine description of high-quality sand bodies in tidal-flat bar-Taking the tight sandstone reservoir in the 2nd member of the Taiyuan Formation in D-17 Wellblock in Daniudi gasfield as an example[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(2): 248-254.]
 - 12 罗东明, 陈舒薇, 张广权. 大牛地气田上古生界沉积相与天然气富集规律的再认识[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(3): 368-374. [Luo Dongming, Chen Shuwei, Zhang Guangquan. New understandings of the Upper Paleozoic sedimentary facies and gas accumulation patterns in Daniudi gas field[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(3): 368-374.]
 - 13 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 delta 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.]
 - 14 王国亭, 姜在兴, 陈昭佑. 大牛地气田太原组储集砂体沉积相研究[J]. 新疆石油天然气, 2010, 6(1): 9-13. [Wang Guoting, Jiang Zaixing, Chen Zhaoyou. Study on sedimentary facies of Taiyuan Group reservoir sandstone in Danudi gas field[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2010, 6(1): 9-13.]
 - 15 Yang Yongtai, Li Wei, Ma Long. Tectonic and stratigraphic controls of hydrocarbon systems in the Ordos Basin: A multicycle cratonic basin in central China[J]. AAPG Bulletin, 2005, 89(2): 255-269.
 - 16 沈玉林, 郭英海, 李壮福. 鄂尔多斯盆地苏里格庙地区二叠系山西组及下石盒子组盒八段沉积相[J]. 古地理学报, 2006, 8(1): 53-62. [Shen Yulin, Guo Yinghai, Li Zhuangfu. Sedimentary facies of the Shanxi Formation and Member 8 of Xiashihezi Formation of Permian in Suligemiao area, Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8(1): 53-62.]
 - 17 郭伟, 刘洪林, 薛华庆, 等. 鄂尔多斯盆地北部山西组页岩沉积相及其对页岩储层的控制作用[J]. 地质学报, 2015, 89(5): 931-941. [Guo Wei, Liu Honglin, Xue Huaqing, et al. Depositional facies of Permian Shanxi Formation gas shale in the northern Ordos Basin and its impact on shale reservoir[J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(5): 931-941.]
 - 18 刘锐敏, 肖红平, 范立勇, 等. 鄂尔多斯盆地二叠系“洪水成因型”辫状河三角洲沉积模式[J]. 石油学报, 2013, 34(增刊1): 120-127. [Liu Rui'e, Xiao Hongping, Fan Liyong, et al. A depositional mode of flood-induced braided river delta in Permian of Ordos Basin[J]. Acta Petroli Sinica, 2013, 34(Suppl.1): 120-127.]
 - 19 陈洪德, 李洁, 张成弓, 等. 鄂尔多斯盆地山西组沉积环境讨论及其地质启示[J]. 岩石学报, 2011, 27(8): 2213-2229. [Chen Hongde, Li Jie, Zhang Chenggong, et al. Discussion of sedimentary environment and its geological enlightenment of Shanxi Formation in Ordos Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(8): 2213-2229.]
 - 20 叶黎明, 齐天俊, 彭海燕. 鄂尔多斯盆地东部山西组海相沉积环境分析[J]. 沉积学报, 2008, 26(2): 202-210. [Ye Liming, Qi Tianjun, Peng Haiyan. Depositional environment analysis of Shanxi Formation in eastern Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(2): 202-210.]
 - 21 王国茹. 鄂尔多斯盆地北部上古生界物源及层序岩相古地理研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2011. [Wang Guoru. The study of sources and senquence-lithofaces palaeogeography of Upper Palaeozoic, northern Ordos[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2011.]
 - 22 李明瑞. 鄂尔多斯盆地北部上古生界主要含气砂体沉积特征及储层控制因素研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2011. [Li Mingrui. Depositional character and control factors of reservoir sandbody in major gas-bearing interval of Upper Paleozoic in North Ordos Basin[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2011.]
 - 23 陈全红. 鄂尔多斯盆地上古生界沉积体系及油气富集规律研究[D]. 西安: 西北大学, 2007. [Chen Quanhong. Research on sedimentary systems and hydrocarbons enrichment of the Upper Palaeozoic of the Ordos Basin[D]. Xi'an: Northwest University, 2007.]
 - 24 张满郎, 李熙喆, 谷江锐, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界层序地层划分及演化[J]. 沉积学报, 2009, 27(2): 289-298. [Zhang Manlang, Li Xizhe, Gu Jiangrui, et al. Sequence division and evolution of Upper Paleozoic in the Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(2): 289-298.]
 - 25 方少仙, 侯方浩, 杨西燕, 等. 鄂尔多斯盆地内部中二叠统石盒子组盒 8 下亚段砂岩中的风暴岩[J]. 沉积学报, 2011, 29(1): 23-30. [Fang Shaoxian, Hou Fanghao, Yang Yanxi, et al. Tempestites in lower submember of member 8 of Shihezi Formation (Middle Permian) in Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(1): 23-30.]
 - 26 齐文, 姜在兴, 向树安, 等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田下二叠统下石盒子组盒 2 及盒 3 段风暴岩研究[J]. 古地理学报, 2008, 10(2): 167-174. [Lin Wen, Jiang Zaixing, Xiang Shu'an, et al. Researches on tempestites of the Member 2 and Member 3 of Lower Permian Xiashihezi Formation in Daniudi gasfield, Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(2): 167-174.]
 - 27 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 Xiyan, Shen Zhaoguo, Fang Shaoxian, 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.]
 - 28 张鹏飞, 邵龙义, 代世峰. 华北地台晚古生代海侵模式议[J]. 古地理学报, 2001, 3(1): 15-24. [Zhang Pengfei, Shao Longyi, Dai Shifeng. Discussions on the transgression model of the Late Palaeozoic in the North China Platform[J]. Journal of Palaeogeography, 2001, 3(1): 15-24.]

- 29 陈世悦,刘焕杰. 华北石炭—二叠纪层序地层格架及其特征[J]. 沉积学报, 1999, 17(1): 63-70. [Chen Shiyue, Liu Huanjie. Sequence stratigraphic framework and its characteristics of the Carboniferous-Permian in North China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(1): 63-70.]
- 30 郭英海,刘焕杰. 鄂尔多斯地区晚古生代的海侵[J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(2): 126-129. [Guo Yinghai, Liu Huanjie. Transgression of late Paleozoic era in Ordos area [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1999, 28(2): 126-129.]
- 31 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 coal-bearing measures and the transgressive coal-formed features in Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(6): 834-840.]

Sedimentary Facies and Their Evolution in the Upper Paleozoic of Baode Area, Ordos Basin

WANG Yue¹ CHEN ShiYue¹ LIANG HuiYuan² WANG Jian³ LI TianBao¹

(1. School of Geosciences in China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266580, China;

2. SINOPEC Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257000, China;

3. Experimental Testing Institute of Xinjiang Oilfield, Karamay, Xinjiang 834000, China)

Abstract: Shanxi Formation and Xiashihezi Formation of Upper Paleozoic in Ordos Basin are the main exploration target zone. Coal seams of Benxi Formation and Taiyuan Formation are the main source rocks. The study of Upper Paleozoic sedimentary facies and evolution characteristics has some guidance significance for the oil and gas exploration. Based on the field measurement of Palougou outcrop profile in Baode area, by analyzing lithology and rock-association as well as the sedimentary facies, sedimentary sequences of different sedimentary systems have been built, and the sedimentary evolution of Upper Paleozoic in this area has been studied. The results show that the formations of Upper Paleozoic (Benxi Formation, Taiyuan Formation, lower Shihezi Formation, upper Shihezi Formation and Shiqianfeng Formation) develop from bottom to top in Baode area and 4 types of sedimentary facies (barrier beach, carbonate platform, meandering river and braided river) are identified as well as 8 typical sedimentary sequences. Controlled by the regional tectonic evolution, a large-scale seawater invasion takes place at the age of Benxi Formation and Taiyuan Formation, then seawater withdrawn from the basin gradually from Shanxi Formation to Shiqianfeng Formation. This area of late Paleozoic era experienced depositional process in the order of barrier beach, carbonate platform, and fluvial facies.

Key words: Ordos Basin; Baode area; Upper Paleozoic; sedimentary facies; depositional sequence; sedimentary evolution