

鄂尔多斯盆地中东部二叠系山西组 2段沉积环境及砂体展布

阳伟^{1,2}, 王峰¹

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 成都 610059
2. 四川省煤田地质工程勘察设计研究院, 成都 610072

摘要 鄂尔多斯盆地中东部下二叠统山西组2段为重要的勘探层位和主力产气层。在野外露头分析、岩心观察、测井资料综合解释以及地球化学分析的基础上, 研究认为山西组2段早中期研究区受海相作用影响, 山₂³、山₂²期发育河控—潮控三角洲, 其三角洲平原包括分流河道、废弃河道、泥炭沼泽和分流间洼地, 三角洲前缘包括水下分流河道、河口坝、远砂坝、潮汐砂坝、分流间湾等沉积微相; 山₂¹期海水沿东南方向推出鄂尔多斯盆地, 研究区在陆相湖泊背景下发育河控—湖泊三角洲。古地理条件的不同使其砂体类型及储集性能也有一定的差异, 其中米脂—子洲及塔湾—高桥地区山₂³段储集砂体受海相环境改造彻底, 在岩性特征、砂体厚度以及储集性能方面更具优越性, 为天然气勘探的有利目标区。

关键词 沉积环境; 砂体展布; 山2段; 鄂尔多斯盆地

鄂尔多斯盆地是一个稳定沉降、拗陷迁移、扭动明显的多旋回克拉通盆地, 蕴含着丰富的油气资源^[1,2]。研究区位于伊陕斜坡东部, 二叠系山西组2段是天然气勘探的重点层位之一^[3]。由于山西组广泛发育煤层, 而在“陆相成煤”模式中, 海退成煤作用一般发生在盆地演化某一阶段的后期, 泥炭堆积的终结表明这一演化阶段的结束。因此, 常把煤层顶层面作为一个沉积旋回的顶界面^[4]。依据岩性组合、旋回特征、测井响应, 将研究区山西组划分为山2和山1两段。山2段以“北岔沟砂岩”之底为底界, 与下伏太原组为区域冲刷不整合接触, 以1[#]煤为顶界与山1段底部“船窝砂岩”整合接触, 内部则以5[#]煤、3[#]煤为顶界将山2段细分为山₂³、山₂²、山₂¹3个亚段。研究区山2段厚40~60 m, 以含砾中粗粒或不等粒石英砂岩、岩屑石英砂岩及岩屑砂岩为主, 分选中等, 磨圆多为次圆~次棱角状, 储层以低孔低渗为主要特征(孔隙度为4%~10%, 渗透率(0.1~1)×10⁻³ μm²), 储集空间为粒间孔、溶孔和微裂缝组合, 为典型的岩性地层油气藏^[4]。气藏的分布明显受沉积相带和砂体展布的控制, 针对目前对于研究区山2段沉积环境存在的不同认识, 加强沉积体系的时空展布、追索储集体的分布规律研究, 对预测上古生界天然气优质储层的分布, 寻找高产、高丰度天然气聚集区具有重要的意义。因此, 在野外露头分析、岩心观察、测井资料综合解释及地球化学分析的基础上, 本课题组对研究区山2段的沉积环境及砂体展布作了细致研究。

1 海相沉积特征及分布

二叠世山西期开始, 受北部兴蒙海槽持续向南俯冲、消减的影响, 北部伊盟隆起及“阴山古陆”物源区显著隆升, 海水逐步向东南退出, 鄂尔多斯地区进入以陆相沉积为主, 局部保留残留海的沉积充填演化阶段^[6]。研究区山2期海相沉积范围仅限于榆林及其以南地区。在乡宁甘草山、蒲县宋家沟、柳林成家沟剖面山西早期地层中发现了羽状交错层理、潮汐层理等与海相沉积环境有关的原生沉积构造(图1)。垂向上, 剖面底部的粗砂岩中多发育以单向水流形成的楔状、板状交错层理, 局部出现羽状交错层理, 中上部则为具有潮汐层理的泥质砂岩和泥岩所覆盖, 反映了研究区山西早期受潮汐作用的影响。在乡宁甘草山剖面的硅质底部的泥灰岩中, 发现了 *Dictyoclostus taiyuanensis* (太原网格长身贝), *Juresania juresanensis* (朱里桑朱里桑贝) 等大量腕足类化石。同时在研究区榆48井山2段的泥岩中(井深2566~2568 m), 发现有棘皮类化石碎片, 虽然边缘部分已被菱铁矿交代, 但棘皮类化石的单晶结构特点仍清晰可见。陕212井山2段(2874.29~2895.29 m)暗色泥岩中, 发现 *D.taiyuanfuensis*、*Comprmongolicu* (蒙古扁平长身贝) 2个属种的腕足类化石^[7]。这些发现都有力地佐证了盆地东南部在山西期海相环境的沉积特征。

在陆源碎屑自河流向海洋的搬运过程中, 随着地球化学环境的改变, 特别是海陆相互作用的河口地区, 呈游离态搬

收稿日期: 2014-12-02; 修回日期: 2015-09-10

作者简介: 阳伟, 工程师, 研究方向为沉积学及岩相古地理, 电子信箱: 57684830@qq.com

引用格式: 阳伟, 王峰. 鄂尔多斯盆地中东部二叠系山西组2段沉积环境及砂体展布[J]. 科技导报, 2016, 34(2): 110-115; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.2.017

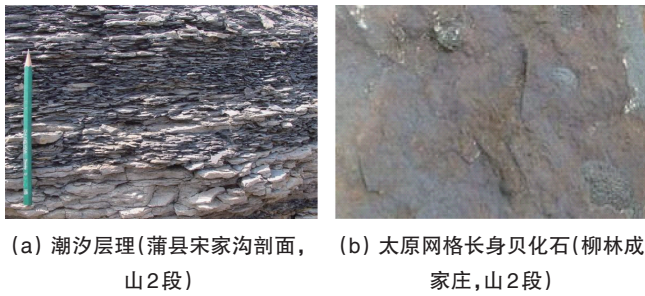


图1 鄂尔多斯盆地东部海相沉积构造及化石特征
Fig. 1 Marine sedimentary structure and fossilin characteristics in eastern Ordos Basin

运的锶、钡的地球化学行为会发生分异,使得陆相沉积物相对富Ba贫Sr、海相沉积物相对富Sr贫Ba。从陆向海,Sr/Ba值逐渐增大,据其可定性判定古盐度。由于母岩类型和水化学条件的差异决定了不同地区、不同时代的微量元素比值与盐度的对应界限并不相同^[8,9],而同一地区、相同地层微量元素比值的大小与盐度应具有相同的对应关系,因此,本次研究采用的标准为:Sr/Ba<0.4为陆相沉积;Sr/Ba在0.4~0.8为海相沉积;Sr/Ba>0.8为海相沉积。依据上述划分标准,通过研究区山2段Sr/Ba值等值线图(图2)可明显看出:从研究区的西北向东南,Sr/Ba逐渐增大,表明沉积环境由陆相向过渡相,再向海相的转化过程,也证实了海水来自于东南方向,与山西组沉积早期华北区域海侵方向一致。

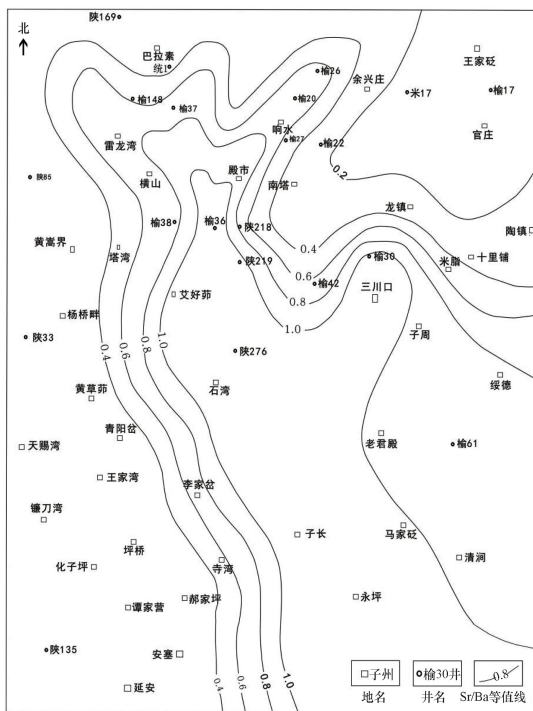


图2 研究区山2泥岩Sr/Ba值等值线图
Fig. 2 Contour map of Sr/Ba value in mudstone of the 3 sub-member of member 2 of Shanxi formation in the study area

2 沉积相类型特征

通过对野外剖面及钻井岩心的详细观察描述,结合测井相、地震相的分析,认为研究区山2段早中期为发育在潮坪背景之上的河控—潮控三角洲,晚期为发育在陆相湖泊环境背景之上的河控—湖泊三角洲沉积体系。

2.1 河控—潮控三角洲

河控—潮控三角洲是河流三角洲沉积物被潮汐水流破坏、改造,在河流与潮汐共同作用下形成的三角洲沉积体系。山西组早期,受兴蒙海槽自西向东迁移和关闭的影响,阴山古陆不断抬升。盆地中东部为地形表现为自北向南倾斜的广阔斜坡,研究区发育退积型河控—潮控三角洲沉积体系,其亚相包括三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲。

2.1.1 三角洲平原

三角洲平原是三角洲沉积体系水上组成部分,包括分流河道、分流间洼地和泥炭沼泽沉积(图3(a))。分流河道为三角洲平原骨架砂体,由多个相互叠置的单个砂体组成,其间夹泥质条带或透镜体。单个砂体由灰色、灰白色中粒、中粗粒石英砂岩、岩屑石英砂岩组成,粒度向上变细,底部大多发育冲刷面,见泥砾屑并含海相化石,上部发育板状交错层理和双向交错层理,表明潮流对其进行过改造,使分流河道具有潮汐河道性质。分流河道下游发育平行于河道走向排列的线状砂体;平面上,河道具有较低的弯度和较高的宽深比。

废弃河道主要为含泥质和有机质较高的粉砂岩与粉砂质泥岩薄互层组合,局部以富含植物化石和频繁夹有薄煤层和煤线的炭质泥岩为主。偶含洪水期带入的小砾石、泥砾和底冲刷面,普遍发育沙纹层理,夹有发育小型板状和槽状交错层理和富含炭屑组分的粉—细粒砂岩,代表洪水期间歇发育的决口扇或决口河道沉积,局部发育有差储层。

分流间洼地及泥炭沼泽主要由深灰色粉砂质泥岩、黑色泥岩、炭质泥岩、灰质泥岩夹煤层和煤线组成,发育水平层理、透镜状层理及脉状层理,可见破碎的碳化植物化石碎片、根系化石及生物扰动构造。以垂向加积为主,并随其充填变浅转而沼泽化并发生泥炭堆积。在泥炭堆积过程中,由于受潮坪间歇性海水的影响,往往形成高硫煤。

2.1.2 三角洲前缘

三角洲前缘沉积是三角洲水下沉积区,为研究区主体组成部分,由水下分流河道、河口坝、远砂坝、分流间湾、潮汐砂坝和混合坪等微相组成(图3(b))。

水下分流河道为平原分流河道的水下延伸部分,岩性主要为含砾中、粗粒砂岩,分选、磨圆好,成分成熟度和结构成熟度高。具底冲刷面及滞留沉积(图4(a)),发育粒序层理、槽状层理(图4(b))、楔状层理(图4(c))、板状层理、平行层理等反映较强水动力条件的沉积构造。

河口坝是河流注入湖泊时,由于湖水的抑制作用,河水流速骤减使河流携带的大量载荷快速堆积下来而形成。由于研究区的水下分流河道冲刷作用较强,加之受间歇性潮汐

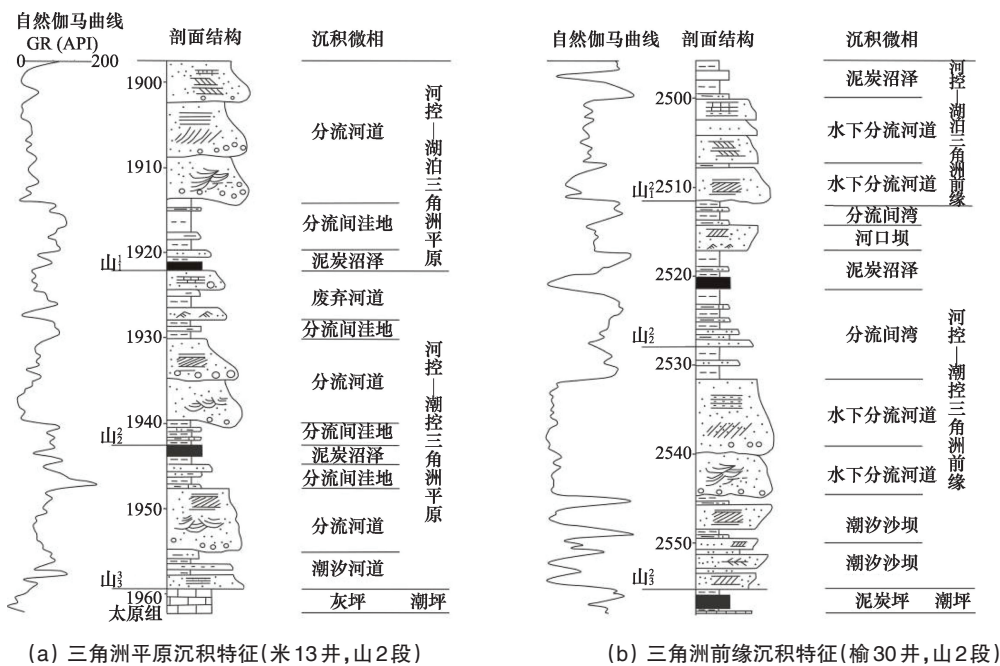


图3 研究区河控—潮控三角洲沉积特征

Fig. 3 Sedimentary characteristics of a river-tide controlled delta in the study area

作用影响,河口坝保存程度较差,其岩性主要由中细粒岩屑石英砂岩、石英砂岩、岩屑砂岩及泥岩不等厚互层组成,发育有下细上粗或泥组分向上减少的逆粒序。沉积构造主要为逆粒序层理、板状交错层理、平行层理、沙纹层理及低角度双向交错层理等。

远砂坝是位于三角洲前缘亚相最前端,由于波浪改造作用较强,因而区内远砂坝相对不发育。岩性主要由粉—细砂岩、粉砂质泥岩和泥岩互层组成,砂体厚度较薄,通常也具有下细上粗的逆粒序及小型沙纹交错层理。

分流间湾为水下分流河道之间与水体相通的低洼地区形成的低能沉积,主要为悬浮沉积成因的薄层深灰—灰黑色泥岩和炭质泥岩、夹粉砂质泥岩和粉砂岩组成,发育水平层理、生物钻孔及扰动构造。与平原分流间洼地相比,煤及泥炭较前者发育程度更差。

潮汐砂坝是河流携带的砂质沉积物受潮汐作用改造而成,单砂体呈不连续的透镜状相互叠置。主要由中、细粒石英砂岩、岩屑石英砂岩、粉砂岩夹泥质条带组成,成分成熟度和结构成熟度较高。具低角度楔状交错层理(图4(d))、潮汐层理(图4(e))、波状层理等,生物掘穴和生物扰动构造发育。

混合坪沉积由暗灰色砂质泥岩、粉砂岩夹细砂岩及其互层组成,常夹有菱铁质细条带,潮汐层理及生物潜穴发育,泥炭坪直接发育在潮汐沙坝之上,形成泥炭堆积。

2.1.3 前三角洲

由灰黑色薄层状泥岩、泥质粉砂岩及粉砂岩组成,向上砂质含量增多,富含菱铁质结核或薄条带。粉砂岩中见小沙纹层理,泥岩中见水平层理、微波状层理,生物扰动构造发育,由于受海相潮汐作用影响,泥岩中常含腕足、腹足类等生

物化石(图4(f)),其沉积环境与滨海浅水湖泊呈逐渐过渡,难以区分。

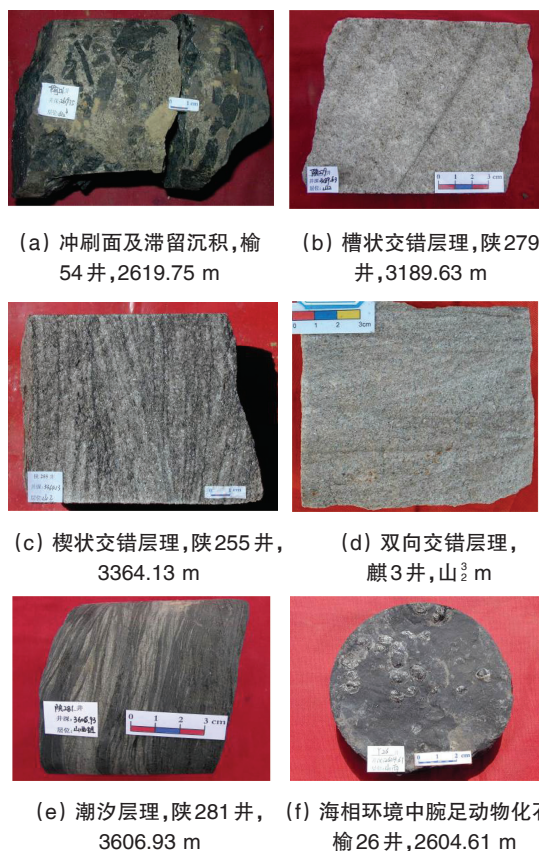


图4 研究区山2段钻井岩心中典型沉积构造特征

Fig. 4 Photos showing typical sedimentary structures at the drilling cores of member 2 of Shanxi formation

2.2 河控—湖泊三角洲

山2段晚期,由于盆地兴蒙海槽的关闭及吕梁山和渭北隆起的进一步抬升,海水沿盆地的东南方向快速退出,研究区沉积背景由滨浅海转换为陆相湖盆,在其沉积背景之上发育了以河流沉积作用为主的河控—湖泊三角洲沉积。三角洲呈鸟足状,层序发育完整,总体下细上粗。根据沉积环境和沉积特征,可将研究区河控三角洲环境划分为三角洲平原、三角洲前缘及前三角洲3个亚相。

三角洲平原为三角洲沉积的陆上部分,其沉积特征与河流相有较多共同之处,它与河流的分界是从河流大量分叉开始。三角洲平原主要由分流河道和泛滥平原组成,根据其沉积特征可进一步划分为分流河道、天然堤、决口扇、分流间洼地、泥炭沼泽等沉积微相。与河控—湖控三角洲相比,河控三角洲平原分流河道具有陆相河流性质,同时陆相泥炭沼泽成煤环境中,由淡水带来的陆源物质特别是黏土物质较多,煤层中矿物质含量较高而煤层全硫含量较低(表1)。

表1 河控—湖控三角洲与河控—湖泊三角洲沉积特征比较

Table 1 Sedimentary characteristics of a river-tide controlled delta and a river controlled-lake delta

沉积特征	河控—湖控三角洲	河控—湖泊三角洲
沉积背景	潮坪	湖泊
沉积作用	河流、潮汐共同作用	河流、湖泊共同作用
沉积构造	双向交错层理、复合潮汐层理	水流波痕及各种交错层理
平原特征	分流河道具有潮汐河道性质,为三角洲平原骨架砂体;泥炭沼泽中煤层的全硫含量较高	主要由分流河道和泛滥平原组成,泥炭沼泽中煤层矿物质含量高、全硫含量低
前缘特征	以水下分流河道沉积为主,河口坝发育程度差,并夹有潮坪沉积	以水下分流河道、河口坝沉积最为典型,河口坝发育程度好
沉积序列	发育不完整,破坏性为主	发育完整,建设性为主

三角洲前缘是三角洲的水下部分,多呈环带状分布在分支流河道的前缘地带,是河流的建设作用和海洋的破坏作用相互影响和斗争最激烈的地带。可进一步划分为水下分流河道、河口坝、远砂坝、席状砂、分流间湾等沉积微相。与河控—湖控三角洲相比,河控—湖泊三角洲前缘由于入湖河流能量充足,携带沉积物较多,因而沉积厚度大,以水下分流河道、河口坝沉积最为典型的;而河控—湖控三角洲沉积厚度相对较薄,并夹有潮坪沉积(表1)。

3 沉积环境演化及砂体展布

鄂尔多斯盆地中东部地区在经历了本溪组、太原组填平补齐作用后,区域构造环境和沉积格局发生了显著变化。受海西构造运动的影响,盆地北部兴蒙海槽自西向东逐渐关闭,阿拉善—阴山古陆不断抬升,海水沿东南方向迅速退出,盆地性质由陆表海盆地演变为近海湖盆,沉积环境由海相转变为陆相,鄂尔多斯盆地经历了一次由海到陆的沧桑巨变。通过对研究区山西组2段北西—南东沉积相剖面的对比研究,可以看出研究区在山2段海陆变迁过程中三角洲沉积体的演化特征^[10-15](图5)。

前三角洲位于三角洲前缘的前方。沉积物主要由暗色黏土和粉砂质黏土组成,富含有机质。常发育水平层理及块状层理,生物潜穴及生物扰动构造发育。

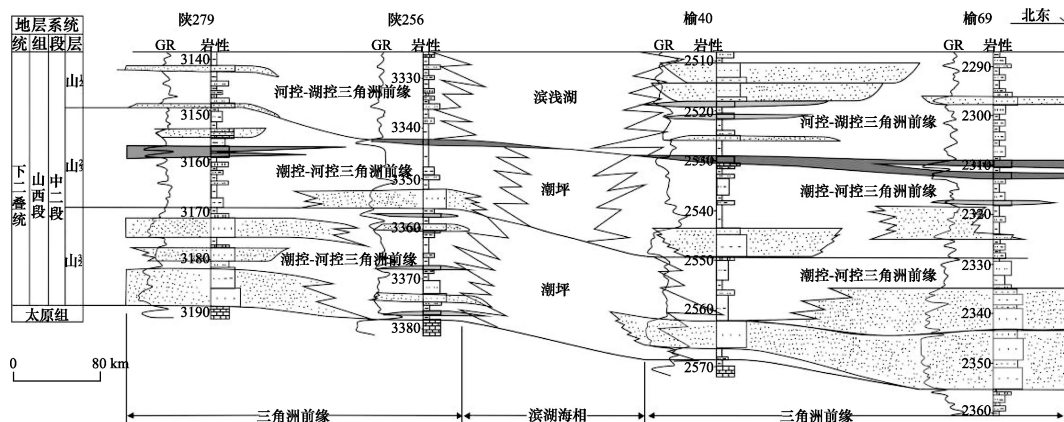


图5 鄂尔多斯盆地中东部山西组2段三角洲沉积特征对比

Fig. 5 Contrast diagram of delta sedimentary characteristics of member 2 of Shanxi formation in mid-eastern Ordos Basin

山₂沉积期,区域构造活动强烈,在太原组海退之后,北部阴山古陆经历了长期的暴露和风化,源区母岩在温暖湿润的气候环境中,风化较为彻底,使石英以及抗风化能力强的岩屑大量保留。受北部兴蒙海槽向南俯冲、消减的影响,北部地区持续隆升,南北高差增大,物源供给充分。研究区山₂段下部形成了厚度较大、区域延伸稳定的北岔沟砂岩,该套砂岩粒度较粗,与下伏太原组灰岩及泥岩冲刷接触,发育大型槽状、板状交错层理,具有辫状河三角洲的性质;盆地南部,由于秦岭、祁连海槽再次对齐、挟击,使大部分海水退出了盆地,但研究区东南部仍受到中等强度潮汐作用的影响,并对辫状河三角洲沉积进行改造,从而形成了河控—潮控三角洲。海相环境中波浪的反复淘洗,使砂岩中石英颗粒含量进一步提高,因而山₂段碎屑颗粒具有较高的矿物成熟度,并在盆地中部地区形成大面积分布的石英砂岩储层。研究区发育东部和西部两支自北向南展布的三角洲体系,依次划分出三角洲平原、三角洲前缘和潮坪3个相带,古岸线大致位于靖边—米脂—子洲—绥德—高桥地区,以及西部的米脂、子洲地区,厚度普遍大于10 m;沉积微相以分流河道、水下分流河道、河口坝及潮汐砂坝为主,勘探实践表明,该地区储集条件优越,粗粒石英砂岩储层大面积分布,物性条件较好,孔隙度一般为8%,渗透率为 $(0.1 \sim 1) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为天然气勘探的有利目标区。潮坪分布在石湾—子洲—绥德东南部较为广阔的区域,三角洲前缘砂体表现出和潮汐方向平行的特点(图6)。

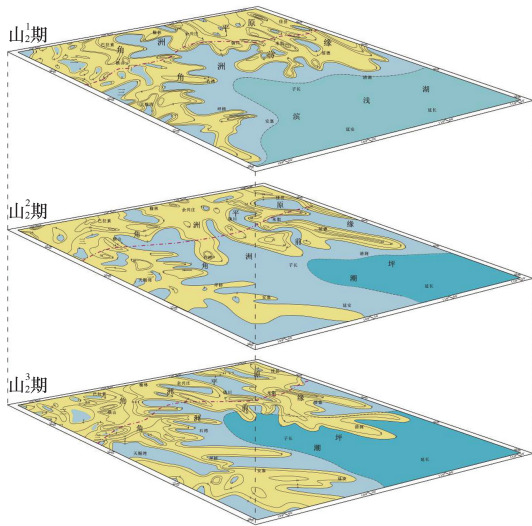


图6 研究区山₂段岩相古地理演化对比
Fig. 6 Comparison of paleogeographic evolution of lithofacies of member 2 of Shanxi formation in the study area

山₂沉积期,沉积环境及砂体展布发育在山₂期北高南低的古地貌背景之上,基本继承了山₂的沉积格局。由于湖盆扩张,潮坪范围继续向东南退缩,南北地形高差降低,物源供给减少,研究区发育总体以退积为特征的河控—潮控三角

洲。三角洲平原和前缘界线向盆地北部退缩,湖水范围增大,潮坪沉积范围减小,退缩至子长、永坪、延长一线东南这一狭小地区。

山₂沉积期,沉积环境及砂体展布仍然发育在北高南低的古地貌背景上,随着基准面的继续上升,湖盆范围进一步扩张,潮坪向东南退出鄂尔多斯盆地,研究区在陆相湖盆背景上发育了河控—湖泊三角洲沉积。自北向南依次发育三角洲平原、三角洲前缘和滨浅湖沉积,湖岸线大致位于横山—镇川一线,以北为三角洲平原,以南为三角洲前缘,浅湖范围较大,主要分布在安塞、子长、清涧以南广大地区。与山西组2段早中期相比,山₂期是湖盆演化的鼎盛时期,研究区经历由海相三角洲转变为陆相河湖三角洲,湖平面达到最大,湖水进一步向北蔓延,湖岸线向北逐渐退缩,研究区主要为退积的三角洲平原、三角洲前缘和广阔的滨浅湖沉积。

4 结论

1) 鄂尔多斯中东部地区山西组2段早中期为海相沉积环境。地层中保留有丰富的腕足类和棘皮类化石,同时地球化学特征和海相沉积构造特征也表明山西组沉积早期研究区属于华北地台陆表海大规模海退形成的滨海环境,海水来自于东南方向。

2) 受中等强度潮汐作用影响,山₂、山₃沉积期,研究区在宽缓南倾古斜坡背景上发育了退积型河控—潮控辫状河三角洲沉积体系;其三角洲平原发育具潮汐河道性质的分流河道、废弃河道、分流间洼地及泥炭沼泽沉积;三角洲前缘发育水下分流河道、河口坝、远砂坝、分流间湾、潮汐砂坝及混合坪沉积。山₂沉积期,由于盆地北部的构造抬升,海水退出鄂尔多斯盆地,研究区在陆相湖泊背景上发育了河控—湖泊三角洲沉积,其亚相包括三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲。

3) 山西组2段各沉积期沉积相带及砂体由北向南展布,随着湖盆范围的逐渐扩大,潮坪逐渐退出研究区,湖水向北蔓延,古岸线向北退缩,三角洲砂体表现出退积的特征。其中米脂—子洲及塔湾—高桥地区山₂段储集砂体形成于分流河道、水下分流河道、河口坝、潮汐砂坝等沉积环境,在岩性特征、砂体厚度以及储集性能方面更具优越性,为油气聚集提供了有利场所,成为勘探开发的重点。

参考文献(References)

- [1] 孙永传. 碎屑岩沉积相和沉积环境[M]. 北京: 地质出版社, 1986: 28-64.
Sun Yongchuan. Clastic sedimentary facies and sedimentary environment[M]. Beijing: Geology Publishing House, 1986: 28-64.
- [2] 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: 130-181.
Yang Junjie. Tectonic evolution and oil gas distribution in Ordos Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 130-181.
- [3] 付金华, 魏新善, 任军峰. 鄂尔多斯盆地天然气勘探形势与发展前景[J]. 石油学报, 2006, 27(6): 1-4.
Fu Jinhua, Wei Xinshan, Ren Junfeng. Gas exploration and developing prospect in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(6): 1-4.

- [4] 李增学, 余继峰, 郭建斌. 华北陆表海盆地海侵事件聚煤作用研究[J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(5): 1-4.
Li Zengxue, Yu Jifeng, Guo Jianbin. Study on coal accumulation under marine transgression events in the epicontinental basin of North China [J]. Coal Geology & Exploration, 2002, 30(5): 1-4.
- [5] 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.
Fu Jinhua, Wei Xinshan, Ren Junfeng. Distribution and genesis of large-scale upper palaeozoic lithologic gas reservoirs on Yi-Shan Slope [J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(6): 664-667.
- [6] 郭英海, 刘焕杰. 鄂尔多斯盆地晚古生代的海侵[J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(2): 721-821.
Guo Yinghai, Liu Huanjie. Transgression of late paleozoic era in Ordos Area[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1999, 28(2): 721-821.
- [7] 王华, 郑荣才, 周祺, 等. 鄂尔多斯盆地长北气田山2段三角洲沉积体系和砂体展布特征[J]. 岩性油气藏, 2008, 20(2): 22-27.
Wang Hua, Zheng Rongcai, Zhou Qi, et al. Delta depositional system and sandbody distribution of the second member of Shanxi formation in Changbei gasfield, Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2008, 20(2): 22-27.
- [8] 王益友, 郭文莹, 张国栋. 几种地球化学标志在金湖凹陷阜宁群沉积环境中的应用[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 1979(2): 51-60.
Wang Yiyou, Guo Wenying, Zhang Guodong. Application of some geochemical indicators in determining of sedimentary environment of the funing group (paleogene), Jinhu depression, Kaing Su Province[J]. Journal of Tongji University: Science & Technology Edition, 1979(2): 51-60.
- [9] 彭海燕, 陈洪德, 向芳, 等. 微量元素分析在沉积环境识别中的应用—以鄂尔多斯盆地东部二叠系山西组为例[J]. 新疆地质, 2006, 24(2): 202-205.
Peng Haiyan, Chen Hongde, Xiang Fang, et al. Application of tract elements analysis on sedimentary environment identification: An example from the permian Shanxi formation in Eastern Ordos Basin[J]. Xinjiang Geology, 2006, 24(2): 202-205.
- [10] 陈洪德, 侯中健, 田景春, 等. 鄂尔多斯地区晚古生代沉积层序地层学与盆地构造演化研究[J]. 矿物岩石, 2001, 21(3): 16-22.
Chen Hongde, Hou Zhongjian, Tian Jingchun, et al. Study on sequence stratigraphy of deposits and tectono-sedimentary evolution in Ordos Basin during late palaeozoic[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2001, 21(3): 16-22.
- [11] 付金华, 郭正权, 邓秀芹. 鄂尔多斯盆地西南地区上三叠统延长组沉积相及石油地质意义[J]. 古地理学报, 2005, 7(1): 34-44.
Fu Jinhua, Guo Zhengquan, Deng Xiuqin. Sedimentary facies of the Yanchang formation of upper triassic and petroleum geological implication in Southwestern Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(1): 34-44.
- [12] 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 Honghong, Peng Huiqun, Li Jingqun, 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.
- [13] 张晓莉. 鄂尔多斯盆地中部上古生界砂岩气层沉积体系类型及特征[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(4): 43-45.
Zhang Xiaoli. Types and characteristics of sedimentary system of palaeozoic erathom sandstone gas reservoir in the central part of Ordos Basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2005, 12(4): 43-45.
- [14] 王少鹏, 王洪辉. 塔巴庙地区太2段沉积微相与砂体展布研究[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2006, 33(1): 48-52.
Wang Shaopeng, Wang Honghui. Sedimentary microfacies and sandbody distribution of member 2 in the Taiyuan formation of Tabamiao area in Ordos Basin, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2006, 33(1): 48-52.
- [15] 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 Zhengjiang, Cheng Hongde, Zhang Jinqian. The late palaeozoic sedimentary systems and humic gas pools in the Ordos Basin[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2002, 22(2): 18-23.

Sedimentary environments and sandbody distribution in member 2 of Permian Shanxi formation in mid-eastern Ordos Basin

YANG Wei^{1,2}, WANG Feng¹

1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

2. Engineering Investigation and Design Institute, Sichuan Provincial Coalfield Bureau, Chengdu 610072, China

Abstract The member 2 of Lower Permian Shanxi formation is a main gas-producing reservoir and an important layer for exploration in the mid-eastern Ordos Basin. Outcrop analysis, core observation, comprehensive logging data interpretation and geochemical analysis suggest that the study area was affected by Marine facies at the early-middle stage of member 2 of Shanxi formation. It developed a river-tide controlled delta at the 2 and 3 sub-member of member 2 of Shanxi formation. The delta plain included distributary channel, abandoned channel, peat swamps and interdistributary depression. The delta front included sedimentary micro-facies, such as underwater distributary channel, mouth bar, distal bar, tide sand dam, and interdistributary bay. Seawater pushed out along the southeast Ordos Basin in the age of the 1 sub-member of member 2 of Shanxi formation. The study area developed a river controlled-lake delta on the background of terrestrial lakes. The differences of ancient geographical conditions lead to the different types of sand and reservoir properties. The reservoir sand in the 3 sub-member of member 2 of Shanxi formation was changed by the marine facies completely in the Mizhi-Zizhou and Tawan-Gaoqiao area. It has more advantages in lithologic characteristics, sand thickness and reservoir performance, which are favorable for gas exploration.

Keywords sedimentary environments; sand-body distribution; member 2 of Shanxi formation; Ordos Basin

(责任编辑 王媛媛)