

文章编号: 1009-3850(2009)03-0029-07

鄂尔多斯盆地西北部二叠系山西组古地理特征

林 雄¹, 王亚辉², 侯中健¹

(1. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 沉积地质研究院, 四川 成都

610059; 2. 中海石油有限公司 湛江分公司研究院, 广东 湛江 524057)

摘要: 本文以高分辨率层序地层学为理论基础, 将山西组划分为 6 个中期旋回层序, 并以此为编图单元编制了相应的砂体等厚图、地层等厚图及砂地比等值线图。基于基准面和可容空间的变化, 分析了研究区古地理演化特征。研究表明, 山₂ 期至山₁ 期, 沉积作用以进积 加积为主, 发育较大规模三角洲, 沉积砂体较厚; 山₃ 期至山₁ 期, 沉积作用以进积 加积 退积为主, 湖岸线向北推进, 湖泊具有扩大的趋势; 山₂ 期三角洲平原规模较三角洲前缘大, 山₁ 期三角洲前缘有缩小的趋势。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 山西组; 沉积相; 古地理

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

1 地质概况

本文所涉及的鄂尔多斯盆地西北部地区, 东至盟 6 苏 18 井一线, 西到乌海 灵武 一线, 南起大水坑, 北至伊深 1 井以北约 50 km 的范围。本区经历了中晚元古代的坳拉谷阶段、早古生代浅海台地阶段和晚古生代滨海平原阶段组成的由海向陆、由河向湖、由潮湿到干旱的演化过程^[1, 2]。研究区上古生界包括中上石炭统本溪组、太原组, 二叠系山西组、下石盒子组、上石盒子组和石千峰组。本区在太原期为陆表海环境, 在山西期逐渐转变为稳定克拉通盆地。从早二叠世山西期开始, 研究区进入了以河流 三角洲 湖泊沉积体系为主的陆相沉积阶段^[3]。

2 沉积相类型及其特征

通过对区内 7 条野外露头剖面的系统观测及 80 多口井钻井的测井资料和 10 多口井的岩芯资料的研究, 结合前人的研究成果, 本文认为本区山西组发育冲积扇、冲积平原、三角洲和湖泊四种沉积相类型。

2.1 冲积扇

冲积扇主要受西北部的阿拉善古陆及北部的阴山古陆的物源控制。研究区西北部和东北部形成冲积扇, 分布面积较小, 主要发育扇中、扇端亚相。乌达剖面山西组是一套黄绿色、浅黄色、深灰色块状砾质杂砂岩、砾质砂岩与砾岩间互层, 并见颗粒支撑的块状砾岩, 砾径 2~3 cm 者约占砾石总量的 45%, 大于 3 cm 者约占 15%, 最大砾径可达 10 cm, 磨圆度较好, 分选性较差, 以块状层理为主。在相序上与扇端交替发育, 构成多个向上变细的正旋回。扇端为由河道沉积构成, 常见岩石类型为粗砂岩、砂岩夹细砾岩, 部分夹煤层。

2.2 冲积平原

本区北部自冲积扇向南, 由于地形平缓, 广泛发育冲积平原。冲积平原上发育辫状河, 包括河道和河漫滩亚相, 具典型的二元结构。公勿素剖面山西组辫状河呈现河道较直、浅而宽、流量变动大、流速大、河床不固定、边滩发育等特点。其主体由一套浅棕色、浅黄色、浅灰色细砾岩、含砾粗砂岩或砾质粗

砂岩夹细砂岩、砂质泥岩、粉砂岩等组成。

(1) 辫状河道: 主要包括河床滞留沉积和心滩沉积。沉积砂体在剖面上为透镜状, 具有多次旋回性, 河道底部河床滞留沉积为一套中细砾岩, 底面具有明显的冲刷面。向上为河道边滩沉积的含砾粗砂岩、粗砂岩、中粒砂岩、细粒砂岩, 槽状交错层理发育, 并见板状交错层理、平行层理等, 总体显示向上变细的特征。

(2) 曲流河: 以河道湾曲、边滩、河漫滩发育为特征。

(3) 河床滞留沉积: 主要由细砾岩、含砾粗砂岩所组成。砾石成分主要为结晶岩砾、砂岩砾、泥岩砾。砾石具有定向排列, 底部为冲刷面。

(4) 边滩: 由成分成熟度和结构成熟度都较低的中粒岩屑砂岩组成。砂岩中常发育大型板状交错层理、槽状层理、平行层理等。剖面结构具有明显向上变细的正粒序特征。

2.3 三角洲

三角洲平原主要由多个分流河道黄绿色含砾中细岩屑砂岩、黄绿色细砂岩、灰色泥岩、褐色页岩、煤线的韵律层组成。单个韵律层厚 1~6m, 韵律层底部发育冲刷面, 冲刷面上常含有来自下伏地层的大小不等的泥砾。砂岩中发育板状交错层理、槽状交错层理、块状层理、平行层理等。砂岩具有明显的正粒序层理, 粒度分布概率累积曲线为二段式, 以跳跃总体为主, 斜率高, 分选好, 次为悬浮总体, 滚动总体不发育。在测井曲线上表现为钟形或齿化钟形, 反映了水流能量和物源供给减少和水流强度由高流态向低流态的转变, 显示了河流侵蚀作用的不断减弱(图 1)。

三角洲前缘主要由水下分流河道、分流间湾、河口坝、远砂坝、席状砂等微相组成。在山二段早期和山一段时期, 水下分流河道和分流间湾相对较发育。主要发育中细粒砂岩, 粒序层理、平行层理、板状层理等发育, 砂体底部常见小型冲刷面, 冲刷面含有泥砾, 纵向上多个小的河道砂体叠置成韵律层。

河口坝规模较小, 且常因水下分流河道的改造而保存不全。岩性主要为中粗粒岩屑石英砂岩, 分选和磨圆度都较好。发育楔形层理、板状层理、逆粒序层理及沙纹层理等。远砂坝由粉砂岩、泥质粉砂岩夹薄层泥岩组成, 常见沙纹层理和逆粒序层理, 在测井曲线上表现为低幅度的漏斗或微齿化的曲线。

2.4 湖泊沉积

山西组湖泊沉积体系主要分布于研究区中南

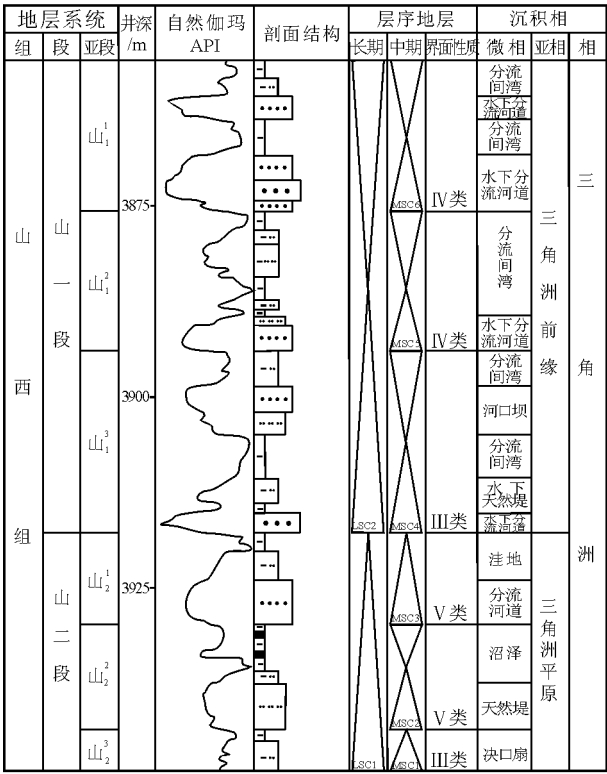


图 1 山西组沉积相及高分辨率层序地层综合柱状图 (布 1 井)
Fig 1 Generalized column of the sedimentary facies and high-resolution sequence stratigraphy of the Shanxi Formation through the Bu-1 well

部, 以浅湖亚相为主。纵向上与三角洲沉积呈韵律互层。以细粉砂岩与泥质岩互层为特征, 发育水平层理、平行层理、透镜状层理、波状层理及对称波状层理等。在泥岩中含有丰富炭屑、植物茎干、孢粉或植物叶片化石印模等, 测井曲线具有高伽马和低电阻率特征。

从鄂尔多斯盆地西北部山西组南北向沉积相横剖面图(图 2)可以看出, 由于沉积盆地较稳定, 受北西和北东两个物源的影响, 水系从研究区的北西角和北东角向研究区中心的三喜拉布拉格苏木地区推进。在山一段时期, 沉积相平面展布自北向南依次表现为冲积平原—三角洲平原—三角洲前缘的沉积相展布特征。

3 古地理特征

本文采用了更适合陆相盆地层序地层分析的高分辨率层序地层学理论及其技术方法, 以不同级次的基准面旋回^[4]为依据, 通过受物源、构造、气候等因素制约的可容纳空间与沉积物供应量之比的综合

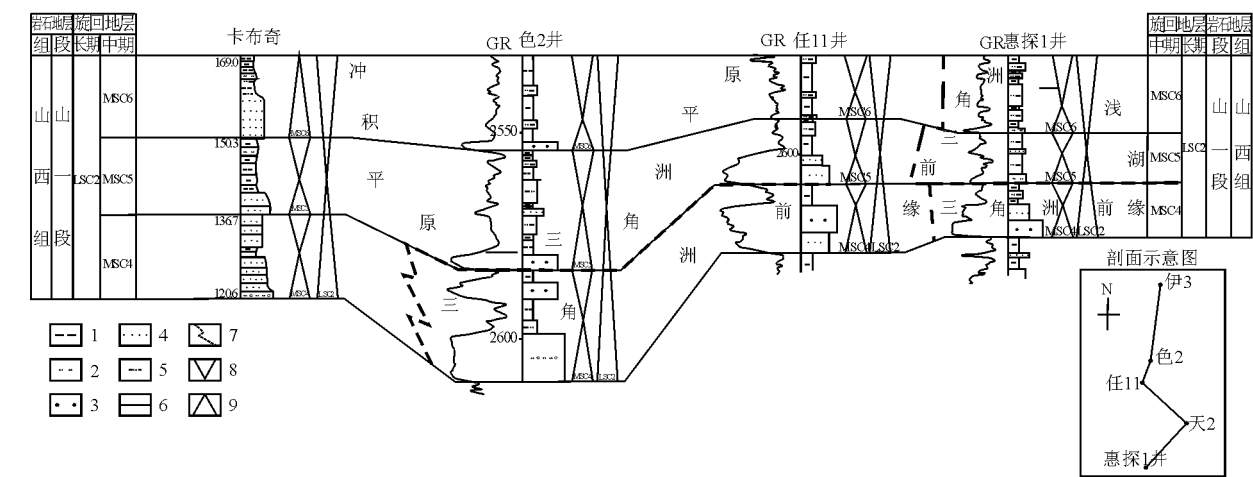


图 2 卡布奇 惠探 1井 沉积相剖面图

1. 泥岩; 2 粉砂岩; 3 砾岩; 4. 细砂岩; 5. 粉砂质泥岩; 6 层序界面; 7. 沉积相界面; 8 基准面下降半旋回; 9 基准面上升半旋回

Fig 2 Sedimentary facies section across the Kabuqi Huitan 1 well

1= mudstone; 2= siltstone; 3= conglomerate; 4= fine-grained sandstone; 5= silt mudstone; 6= sequence boundary; 7= sedimentary facies boundary; 8= semi cycle during the base level falling; 9= semi cycle during the base level rising

分析, 将鄂尔多斯盆地西北部山西组划分出 2 个长期旋回和 6 个中期旋回。各编图地层单元在相关的长期旋回层序中的位置如图 1 所示。以中期旋回为编图单元, 编制山西组古地理图。此方法编制的古地理图更具等时性、成因连续性和实用性, 能更好地反映一个地区在统一地质作用场中的各种地质信息和综合效益, 对覆盖区的相带展布及变化更具合理的预测性, 对油气勘探有很好的指导作用^[3 4]。

3.1 山₂期 (MSC₁) 沉积期

山₂亚段为一个非对称的向上变深的中期层序。该亚段沉积时期, 鄂尔多斯盆地北部和西部构造隆升, 海水开始自北向南, 自西向东逐渐退出鄂尔多斯盆地, 沉积环境为陆相沉积环境 (图 3)。基准面上升, 沉积物补给量远大于可容空间, 形成以主动进积作用为主的不断向前推进的稳定沉积即山二段下部的地层^[4]。据砂岩厚度等值线、地层厚度及岩石结构构造因素综合分析, 研究区从北向南依次发育冲积平原 (含冲积扇)、三角洲平原、三角洲前缘、浅湖等沉积相。

该时期, 研究区存在东、西两个河流体系。北西-南北向的河流位于乌海-石嘴山-布 1 井一线, 贯穿冲积平原和三角洲平原上, 河道侧向迁移范围较大。其冲积扇水道砂体厚度最大可达 25m 左右, 在三角洲平原上的分流河道砂体厚 5~15m, 为该相域砂体最发育的地区。北东-南西向的河流位于察 1 井-鄂托克旗一线, 不发育冲积扇, 分流河道侧向迁

移较小。砂体厚度为 1~10m, 河流向南形成几支较小的分流河道。河道迁移最大的水下分流河道位于苏 43 井-陕 56 井和色 2 井-鄂 19 井, 砂体厚度都是 5~10m, 砂体呈透镜状分布。由于河道经多期改道叠置在北西角形成厚度较大的席状砂。

分流河道之间为泛滥平原和决口扇等微相发育区, 沉积物主要由弱动力环境下形成的较细粒物质组成。

3.2 山₂期 (MSC₂) 沉积期

山₂亚段为一个完整的中期层序。该亚段沉积时期, 基准面缓慢上升, 可容纳空间接近或略小于沉积物的供应, 在沉积早期主要以加积作用为主, 形成厚块状粉砂岩、泥质粉砂岩等。随着可容纳空间略大于沉积物的供给, 主要以退积作用为主, 形成较细粒的粉砂质泥岩、泥岩夹少量煤层。在下降相域发育期间, 基准面缓慢下降, 但下降幅度小于上升相域上升的幅度, 可容纳空间减小, 沉积物补给量接近上升相域产生的剩余可容纳空间。沉积以加积为主, 沉积了山二段中部 (MSC₂) 的地层 (图 4)。

与山₂期相比, 冲积平原向南稍有扩大, 三角洲平原和三角洲前缘向南稍有推进, 研究区内前三三角洲浅湖稍有收缩。河道发生了明显改造, 并且河道变窄, 砂体厚度也减薄。地层厚度一般大于 10m, 砂体一般在 10m 左右, 在西北部河流-三角洲体系中砂体最大厚度大于 20m, 较西部厚。

3.3 山₂期 (MSC₃) 沉积期

山₂亚段为一个非对称的向上变深的中期层

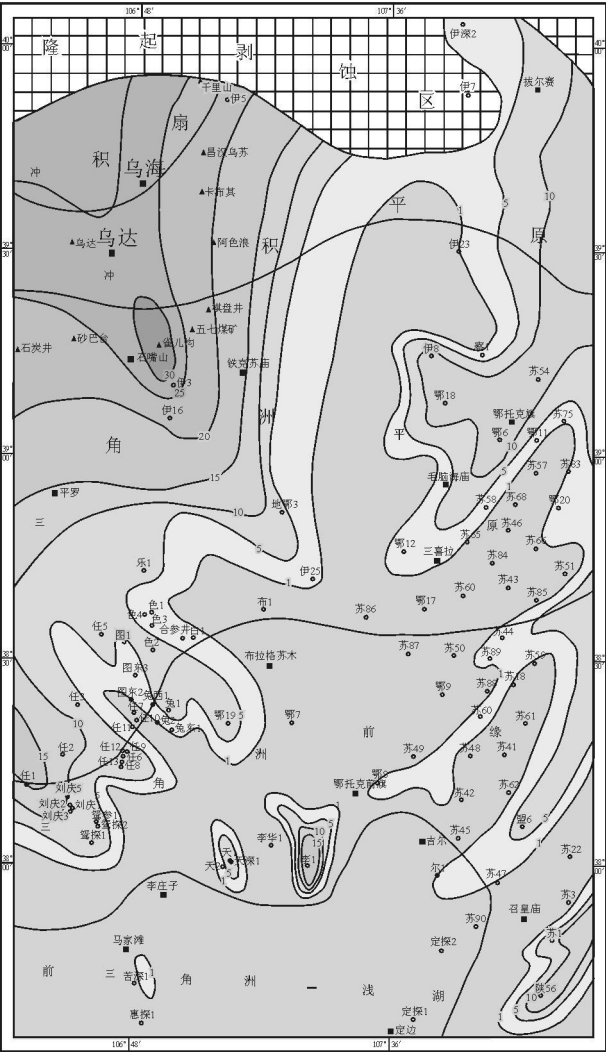


图 3 山₂³期古地理图

Fig 3 Palaeogeography during the deposition of the third submember of the second member of the Shanxi Formation

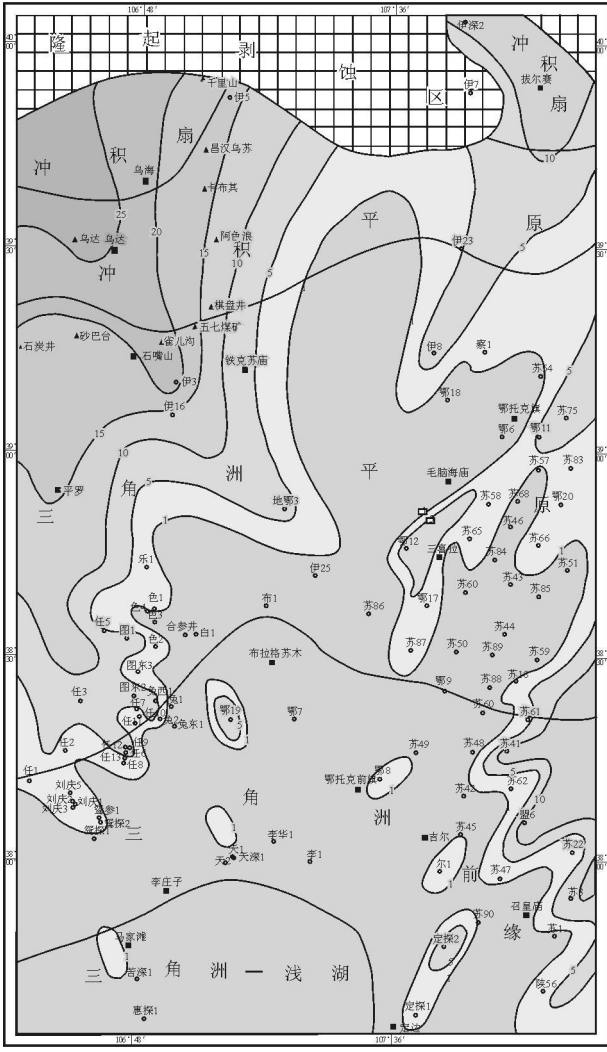


图 4 山₂²期古地理图

Fig 4 Palaeogeography during the deposition of the second submember of the second member of the Shanxi Formation

序。山₂¹期,基准面上升,可容纳空间大于沉积物的供给,低可容纳空间难以容纳所注入的沉积物。沉积作用以加积为主,形成了厚层状的粗砂岩、中细粒砂岩。在山₂¹期晚期,沉积作用转为退积作用,形成山₂¹期的自下而上的由厚层状粗砂岩变为薄层粉砂质泥岩和泥岩的层序。

该时期三角洲前缘和前三角洲浅湖均向北有所迁移,三角洲平原分布较广。三角洲前缘的范围缩小,相应的前三角洲浅湖的范围扩大(图 5)。由于三角洲整体向北收缩,分流河道也向北缩短,河道变窄,但东西两侧三角洲的分支水系依然明显。西侧的分流河道迁移范围较大,砂体厚度 1~15m。而东侧分流河道较窄,砂体厚度 1~5m。分流河道之间,为被分流河道分割的洪泛平原、沼泽等。三角洲

前缘展布面积较小,发育大量河口坝和远砂坝。砂体厚度较薄,最大厚度不超过 5m。这一时期,前三角洲浅湖区有所扩大。

3.4 山₃¹期(MSC₄)沉积期

山₃¹亚段为一个完整的中期层序。在山₃¹期的上升相域发育期间,基准面上升缓慢,但幅度不大。沉积物补给等于或略小于可容纳空间,沉积物加积和退积交替发育,岩性上反映为中薄层粗中砂岩夹粉砂质泥岩、泥岩交替出现。在下降相域发育期间,基准面快速下降,沉积物补给量大于或远大于可容纳空间,沉积作用以被动进积为主,沉积了山一段下部的地层。

这一时期,三角洲平原和三角洲前缘分布较宽阔(图 6),分流河道迁移较明显。与山₂¹期相比,位

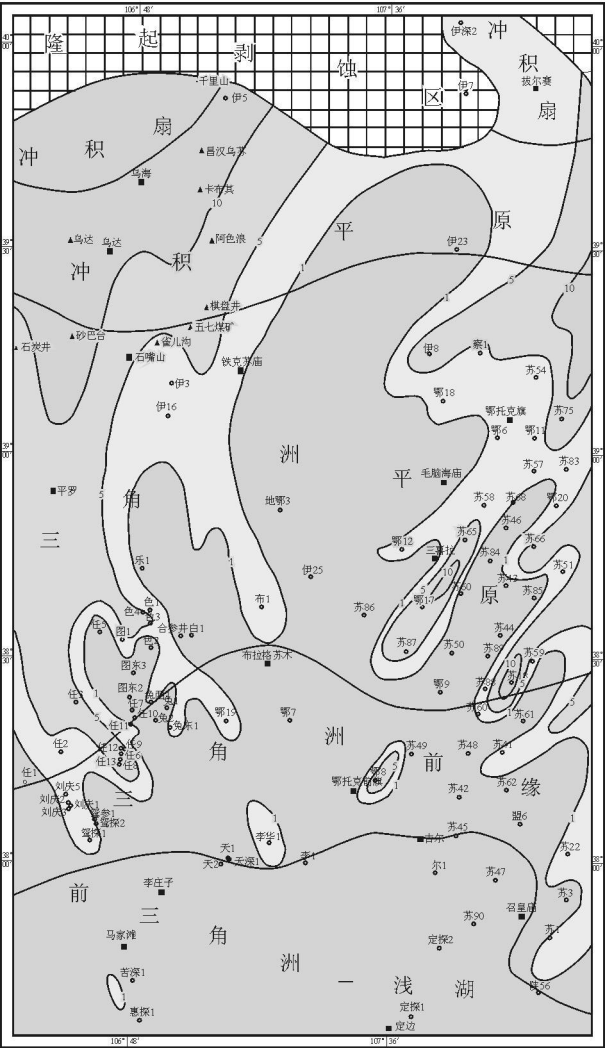


图 5 山₂¹期古地理图

Fig 5 Palaeogeography during the deposition of the first submember of the second member of the Shanxi Formation

于西侧乐 1 井 白 1 井和任 5 井 色 2 井的洪泛平原被来自伊 13 井 布 1 井等分流河道的改道而形成多次河道的叠加,砂体厚度 1~10m。东侧的分流河道也有明显改道,砂体厚度 1~10m,沿河道呈透镜状分布。

3.5 山₂²期 (MSC5)沉积期

山₂²亚段也为一个完整的中期层序。在山₂²期的上升相域发育期间,可容纳空间略小于或等于沉积物的供应。沉积作用主要以加积为主,沉积了一套厚 5m 左右的中细砂岩。此时期基准面快速上升,可容纳空间不断增加,沉积作用以退积为主,形成以粉砂岩、粉砂质泥岩以及泥岩为主的 山₂²下部地层。在下降相域发育期间,以可容纳空间接近或略小于沉积物的供给,沉积作用以加积或进积为主,

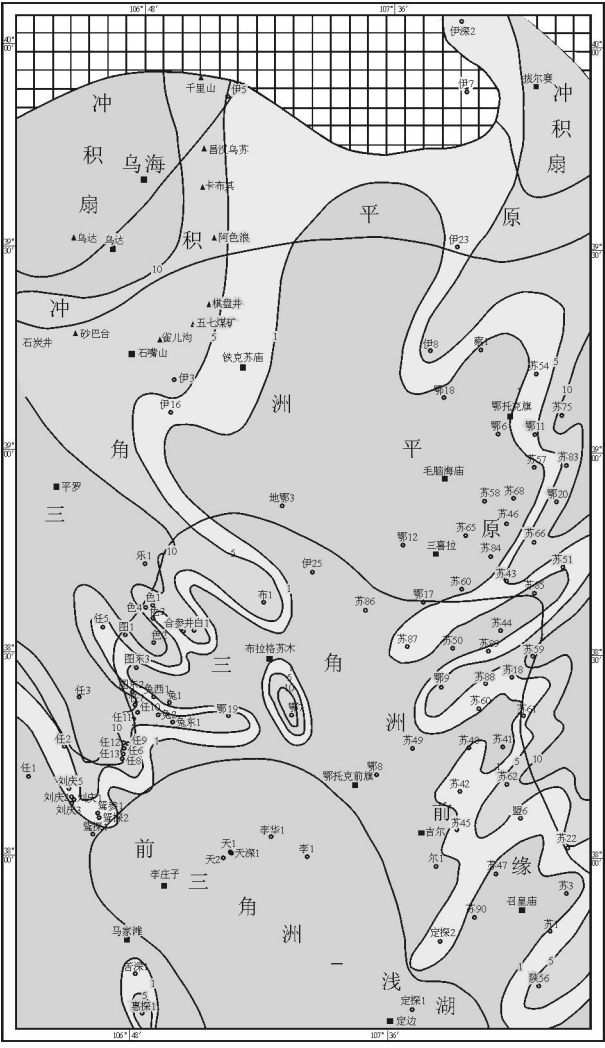


图 6 山₁³期古地理图

Fig 6 Palaeogeography during the deposition of the third submember of the first member of the Shanxi Formation

形成了山₁²上部沉积。

该时期以三角洲平原和三角洲前缘沉积为主,西北部发育冲积扇,而东部冲积扇环境不发育,冲积范围有所扩大,位于五七煤矿 伊 23 井南一线。三角洲前缘有所缩小,前三角洲浅湖亦向南推进,但其在东西方向上有所延伸,分布于马家滩 定探 2 井以南的地区(图 7)。在三角洲平原上,分流河流砂体厚度 5~15m,发育河口坝以及远砂坝。东北侧分支河道发育于苏 61 井 陕 56 井一线,河道迁移范围较大,砂体厚度 1~5m,较北西侧薄。

3.6 山₁⁴期 (MSC6)沉积期

山₁⁴亚段为一个完整的中期旋回层序。在山₁⁴上升相域发育期间,可容纳空间远远小于沉积物的供给,沉积作用以加积→退积→加积为主,沉积了

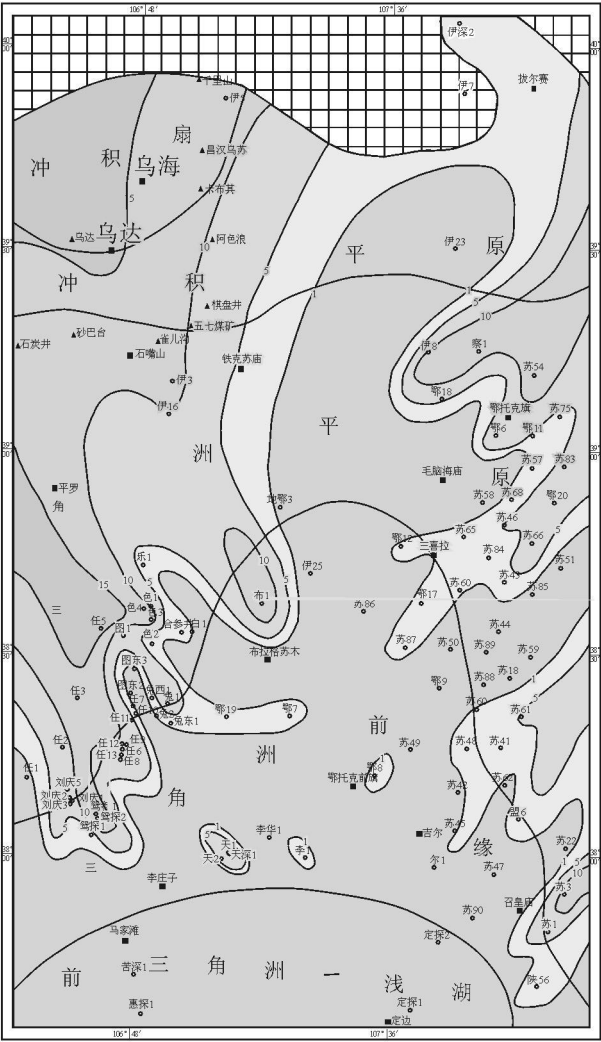


图 7 山²期古地理图

Fig 7 Palaeogeography during the deposition of the second submember of the first member of the Shanxi Formation

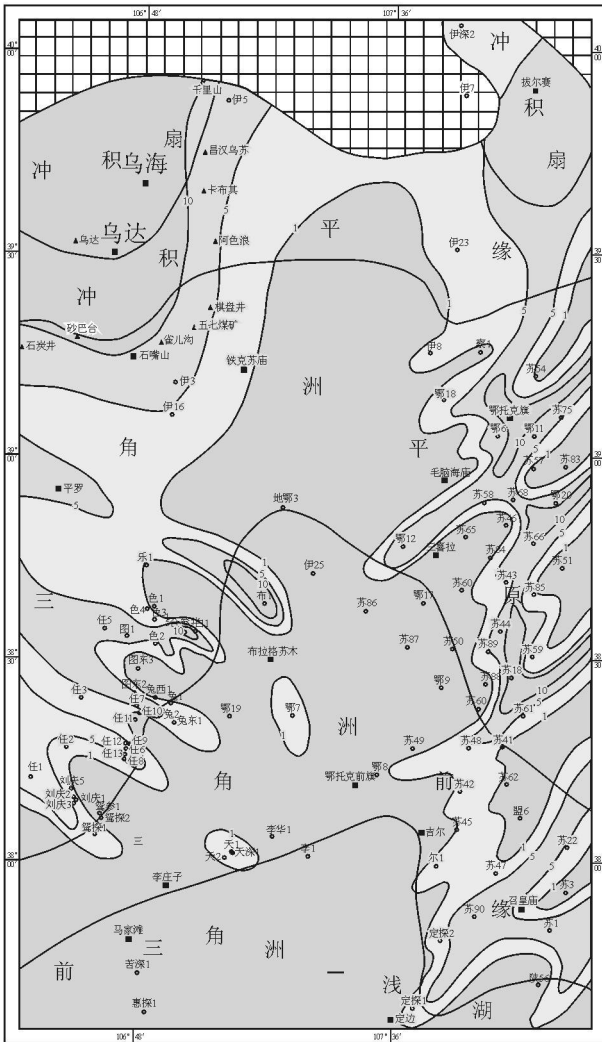


图 8 山¹期古地理图

Fig 8 Palaeogeography during the deposition of the first submember of the first member of the Shanxi Formation

1~7m厚的粗中砂岩,随后沉积了一套粉砂岩和泥岩。在下降相域发育期间,随着基准面的下降,沉积作用以退积为主,沉积了山¹期晚期的地层。

这一时期,冲积平原向北缩小,冲积扇在北西部和东北部均有所发育,两条河流体系形成的三角洲较前一时期整体有所向北迁移,前三角洲浅湖区有所扩大。三角洲前缘与前三角洲浅湖的界限向北迁移至李庄子 吉尔 定探 1井 陕 56井 一线。由于三角洲的整体向北收缩,分流河道和 水下分流河道均变窄,但东西侧三角洲的分支水系依然明显(图 8)。

与山²时期相比,三角洲平原上尤其是东侧的河流表现出辫状河性质,发育心滩砂体,砂体厚度为 5~10m。三角洲前缘东部河道体系有所延伸,水下分流河道可达定探 2井。西侧河流在三角洲前缘主

要发育远砂坝,砂体厚度不超过 5m。区内地层厚度一般大于 20m,砂地比在 0.2~0.4左右。在河流三角洲体系中,西部砂体厚度以大于 5m居多,东部河流砂体厚度最大可大于 10m。

4 结 论

通过对山西组进行高分辨率层序地层划分,结合以中期基准面变化旋回为编图单元编制的地层等厚图、砂体等厚图、砂地比等值线图和沉积相剖面图等进行研究,结果表明:

- (1)本区沉积体系明显受北部阴山古陆的控制,来自东北和北西方向的分支水系控制了本区的沉积相发育和古地理演化。
- (2)山西组沉积相由北向南依次出现冲积平原

(含冲积扇)、三角洲平原、三角洲前缘和浅湖。主要发育水道、分流河道和水下分流河道砂体,呈透镜状分布;河口坝、远砂坝砂体亦有发育,在山一段上部尤其明显,但砂体厚度不大,一般在5m左右。

(3)古地理演化具有明显受基准面旋回控制的特征。由山₂³期至山₂¹期,沉积作用以进积加积为主,发育较大规模三角洲,沉积砂体较厚;由山₁³期至山₁¹期,在各中期旋回中,沉积作用以进积加积-退积为主,湖岸线向北推进,湖泊具有扩大的趋势;山二期三角洲平原规模较三角洲前缘大,山一期三角洲前缘有缩小的趋势。

参考文献:

- [1] 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志[M]. 北京:石油工业出版社, 1992
- [2] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社, 2003.
- [3] 陕西省地质矿产局. 陕西省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- [4] 郑荣才, 彭军, 吴朝荣. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 249-255

Palaeogeography of the Permian Shanxi Formation in northwestern Ordos Basin

LIN Xiong¹, WANG Ya-hui¹, HOU Zhong-jian²

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Zhanjiang Branch, CNOOC, Zhanjiang 524057, Guangdong, China)

Abstract: Six medium-term cyclic sequences have been distinguished for the Shanxi Formation in the light of high-resolution sequence stratigraphy and associated maps are constructed including the isopach map of sandstones, isopach map of strata and isogram of total sandstone thickness to stratigraphic thickness ratios. The palaeogeographic interpretation of the Permian Shanxi Formation is presented on the basis of base levels and accommodation spaces. The deposition of progradation and aggradation resulted in the formation of larger deltas and thicker sandstones during the deposition of the third submember to the first submember of the second member of the Shanxi Formation, whereas the deposition of progradation, aggradation and retrogradation led to the northward migration of the lake strand line and the extension of the lake area during the deposition of the third submember to the first submember of the first member of the Shanxi Formation. The delta plain was larger in scale than the delta front during the deposition of the second member of the Shanxi Formation, and the delta front became progressively smaller during the deposition of the first member of the Shanxi Formation.

Key words: Ordos Basin; Shanxi Formation; sedimentary facies; palaeogeography