

文章编号: 1000-0550(2003)03-0367-06

辽河盆地曙一区馆陶组湿地冲积扇沉积

郭建华¹ 朱美衡¹ 杨申谷² 刘辰生¹

1(中南大学 长沙 410083) 2(江汉石油学院 湖北荆州 434023)

摘要 在岩芯观察的基础上,结合地震资料和测井资料对该区馆陶组粗碎屑岩进行了详细的研究,认为该套粗碎屑岩属湿地冲积扇沉积。进而分析了馆陶组湿地冲积扇的岩性特征、古气候特征、微相类型,并总结出了这种冲积扇的沉积模式。在此基础上,进一步阐明了基准面旋回对沉积相纵横向展布的影响。

关键词 沉积相 冲积扇 馆陶组 辫状河道

第一作者简介 郭建华 男 1957年出生 教授 博士后 沉积学 层序地层学

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 引言

辽河盆地西部凹陷面积 2 300 km²,成葫芦状北东—南西向展布,据前人资料,西部凹陷在东营期前为断陷盆地,东营期后为坳陷盆地^[1]。曙一区位于盆地西部凹陷曙光油田的南部,其下第三系沙河街组油藏已投入开发。在勘探开发过程中发现馆陶组有较好的油气分布,已探明的含油面积为 1.4 km²,石油地质储量约 2000 万吨;控制含油面积 0.55 km²,石油地质储量数千万吨。馆陶组钻遇油层井 300 口,曙 1-31-152 井在 604~657.8 m 井段试采,射开 4 层 42.6 m,第一周期生产时间 71 天,周期产油量 2 008 吨,第二周期累计生产原油 3 800 多吨,生产效果显著。由此可见,馆陶组是一套具有良好原油生产能力的含油层系,因此深入研究馆陶组沉积环境和沉积相具有重要意义。

2 湿地冲积扇的概念

冲积扇主要发育在干热气候、地势起伏较大而且沉积物补给丰富的地区。当山区水流流出山口时,由于地形坡度急剧变缓,流速骤减,碎屑物质大量堆积,形成锥状或扇状堆积体,称为洪积锥或洪积扇。因具有山区河流冲积成因的特点,故又称冲积扇。对发育在植被不发育的干旱区和半干旱区的冲积扇研究得最清楚,那些地区降雨虽然很少但很猛烈,所以侵蚀作用进行得很迅速。然而,如果有适当的地形和沉积物补给条件,即使气候潮湿也可发育冲积扇,例如位于喜马拉雅山麓地区的柯西河冲积扇^[2],北极地区的冲积扇^[3]。

Nemec 等人定义了两类不同性质的冲积扇或扇三

角洲^[4]:即干旱环境下的和潮湿环境下的。干旱环境下的冲积扇的特点是:在地形上具有明显的丘状隆起,分布范围局限,以重力流(泥石流)沉积为主,牵引流(河流)沉积较少,指示干旱环境的沉积标志发育,如红层、石膏、碳酸盐结核等;潮湿环境下的冲积扇的特征是:在地形上没有明显的丘状隆起,分布范围广,重力流(泥石流)沉积不发育,扇体以辫状河沉积为主,指示潮湿气候环境的沉积标志发育,如植物碎片、煤线等。

3 馆陶组湿地冲积扇沉积特征

3.1 岩石类型及组份特征

研究区馆陶组为一套粗粒质的碎屑岩,按其粒度特征,概括起来可划分出砾岩类与砂岩类两个大的岩石类型。按其粒级组成,砾岩类包括了粗砾岩、中砾岩、细砾岩;砂岩类则包括了粗砂岩、中砂岩及细砂岩,砾岩类与砂岩类的过渡类型主要是砾质砂岩类、砂质砾岩类。

1) 中、粗砾岩:砾径最大的达 120 mm,以 50~100 mm 的最常见。砾石分选差,但具有较好的磨圆度,砾石成分复杂。在取芯井段中,这两种岩石类型往往互层或相间出现,均表现为疏散状的砾石,大多砾间未见泥、砂质充填物,厚度一般较大,单层厚约 1~3 m。

2) 细砾岩、砂质(细)砾岩:砾径自 2~10 mm 不等,分选差,砾石含量 50%~80%,砾间为粗—中砂充填。平行层理及冲刷构造发育。单层厚约 1~5 m。

3) 粗、中砂岩(不等粒砂岩):平行层理、斜交层理发育,有时含有不等量的(<10%)砾石。单层厚约 1~3 m。

4) 细砂岩:区内细砂岩具有较好的分选性,岩性

均一,平行纹层发育。单层厚约1~3 m。

5) 砂质中一粗砾岩:砾径从2~100 mm不等,分选差,砾石排列杂乱,砾间为粗砂、中细砂充填,显基质支撑的结构,垂向上见有向上变细的粒序层理。这种砾岩单层厚度在本区不大,一般0.3~1 m,作为夹层随机的出现于砂岩层中。

通过对区内岩石碎屑成分的显微镜薄片鉴定,主要的陆源碎屑组份是石英、长石、变质岩屑及岩浆岩屑。碎屑总含量占90%以上,填隙物<10%。尤其值得注意的是,所有样品石英含量低(<46%),长石含量高,最高达38%;其中最不稳定的钾长石含量大于斜长石含量,碎屑岩全岩样的定量分析与薄片鉴定结果类似。

另外,通过对岩芯观察,馆陶组沉积物以灰白色色调为主,局部地区夹薄层灰绿色砂质泥岩,基本上无红色色调,同时未见钙质结核等强烈蒸发条件下的特征物质,而粘土矿物组合为高岭石—伊利石—蒙皂石—绿泥石组合,与潮湿—半潮湿气候下的粘土矿物组合特点相同(图1)。说明该沉积时期气候是以潮湿气候为主。

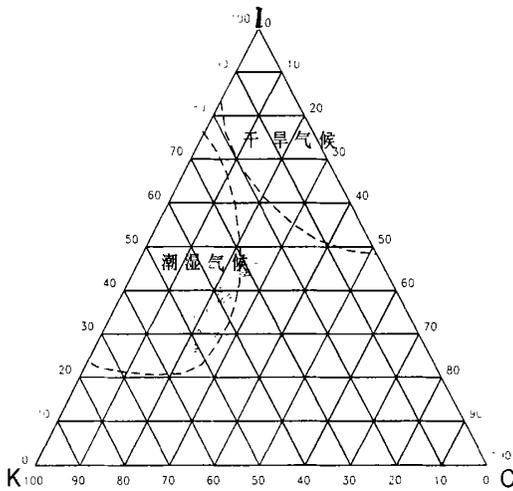


图1 馆陶组粘土矿物成份三端元图

Fig. 1 Ternary diagram of clay mineral component in Guantao Formation

3.2 重矿物组成特征

区内重矿物主要有透明重矿物和不透明矿物两类,其中透明重矿物有锆石、电气石、金红石、十字石、石榴子石、榍石、云母、绿帘石、重晶石,以石榴子石、绿帘石含量最高。不透明矿物主要有钛磁铁矿、角闪石、白钛石、赤褐铁矿、锐钛矿及黄铁矿等。根据重矿物与母岩之间的关系,钛磁铁矿、角闪石组合是与基性、超基性岩有关;石榴子石、绿帘石、十字石、刚玉组合与变

质岩有关;锆石、电气石、榍石组合则与酸性岩浆岩有关。但从其组合的含量来看,区内重矿物组合所反映的母岩则主要是基性、超基性侵入岩和变质岩。区内重矿物类型较为丰富,不稳定的重矿物种类多,稳定系数低,且含量较高,表明了碎屑物质近源堆积的特点。

总之,馆陶组岩性剖面的特点是:沉积物以分选差的砾岩与含砾砂岩互层为主,结构成熟度低,基本上无泥岩出现,而岩石成份以岩浆岩岩屑和变质岩岩屑为主,成分结构成熟度也低,表现为近物源区沉积的特点。

3.3 粒度参数特征

对201个岩样的粒度分析结果表明(以砂岩为主),碎屑颗粒的中值 M_z 变化范围从0.20~1.08 mm,大多数在0.25~0.5 mm之间。颗粒的分选系数 σ 的变化范围是1.1~3.4,砂岩的分选系数一般在1.1~1.5之间,含砾砂岩及部分不等粒砂岩在1.45~2之间,砾状砂岩与砾岩则大于1.8。按弗里德曼的分级标准^[5],砂岩的分选为中等,含砾砂岩与不等粒砂岩分选差,砾状砂岩与砾岩分选很差至极差。砂岩的这种分选标准在河流砂中极为常见。从 $M_z-\sigma$ 散点图中可看出,大多数样品落入河流相区,部分样品落入冰碛(重力流)区(图2)。

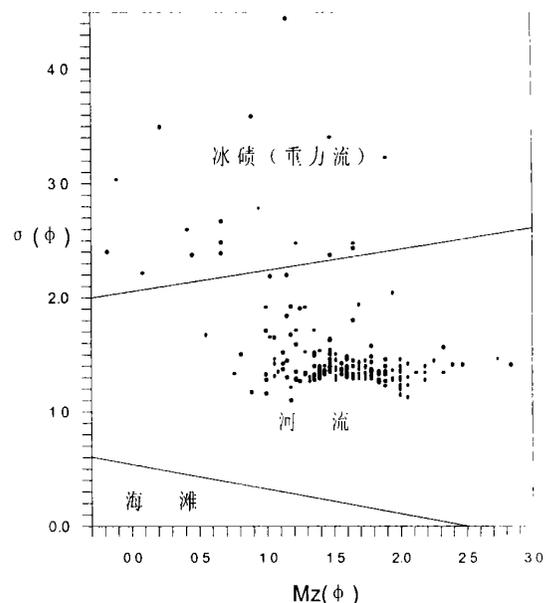


图2 馆陶组碎屑岩粒度参数 $M_z-\sigma$ 散点图

Fig. 2 Plot of elastic rock granularity parameter $M_z-\sigma$ in Guantao Formation

对含砾砂岩、砾状砂岩、不等粒砂岩、粗砂岩、中—细粒砂岩的粒度分布曲线分析表明,在概率累积图中它们均由跳跃与悬移两个总体组成,由于对样品更粗粒的部分未统计,因此未出现滚动总体;而跳跃总体含

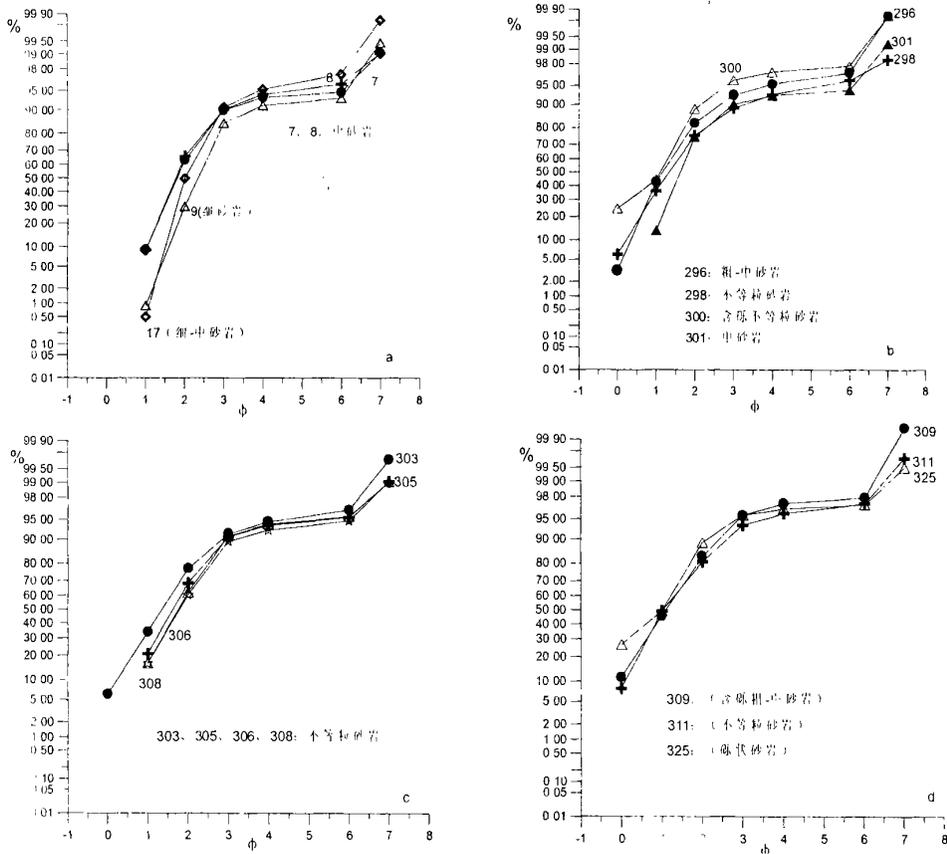


图3 馆陶组碎屑岩粒度概率累积分布曲线

Fig. 3 Probabilistic cumulation distribution curve of clastic rock granularity in Guantao Formation

量在80%以上, 悬移总体低于20%(图3)。很显然, 中、细砂岩的跳跃总体斜率高(图3a); 含砾砂岩、砾状砂岩、不等粒砂岩的跳跃总体斜率则较低(图3b、c、d)。这种概率累积曲线的特征与现代近源辫状河流砂概率累积曲线特征极为类似, 反映了较潮湿气候条件下近源沉积的特点。

3.4 沉积构造特征

根据对取芯井岩芯的观察, 区内主要有两种成因的层理构造: 一种是牵引流沉积; 另一种是泥石流沉积。其中牵引流沉积的层理构造有: 平行层理、爬升波纹交错层理、槽状交错层理、斜交层理及板状层理; 泥石流沉积的层理构造有: 递变层理和块状层理。另外, 从岩芯中还可看到冲刷构造。

3.5 沉积相类型及相模式

根据馆陶组碎屑岩的岩石学特征、粒度分布特征、沉积构造特征、重矿物特征、以及碎屑颗粒组份组合所反映的气候特征等的分析, 并综合区内不断发生的泥石流沉积, 可确定馆陶组是属于半干旱—潮湿环境下的冲积扇, 或者说是以潮湿气候为主的湿地扇。

在该区湿地冲积扇层序中可划分为三种相, 这三种相与冲积扇的近端、中段和远端的沉积环境有关, 而彼此之间逐渐过渡。近端相(扇根)主要由若干单元的砾岩组成, 以坡面流沉积为主, 偶夹泥石流沉积。在冲积扇中段相(扇中)岩层的底部含砾石不多, 但冲刷面较多, 有时还存留一些长条状的砾石体, 岩性以砾岩和交错层状含砾砂岩形成互层, 以辫状河沉积为主夹有坡面流沉积。在远端相(扇缘)中, 岩性主要为具板状和槽状的交错层理砂岩, 砾石分散在砂岩里的一些薄层和透镜体中, 以辫状河道沉积为主。

3.6 微相类型

研究区主要位于扇根下部和扇中, 属扇根—扇中亚相。该亚相可进一步划分为泥石流微相、坡面流微相及辫状河流微相等三种微相类型。

① 泥石流微相

以砾石相为主, 砾、砂混杂, 分选差, 粒径大于10 cm 砾石常见, 杂基以砂泥质为主。成份复杂, 无层理构造或成块状层理及递变层理。储层物性差。与下伏砂岩层呈冲刷接触, 上覆岩层多为坡面流, 一般呈中薄

层状夹于坡面流或辫状河道砂岩之间,表现为泥包砾的现象,钻井取芯为无油、无砂的纯砾石松散颗粒。声波时差曲线形态为低值箱形,曲线光滑或微齿化;视电阻率曲线为高阻。

②坡面流微相

本文所说的坡面流微相相当于冯增昭教授提出的筛状沉积^[5],这种筛状沉积只是干旱环境下的一种极端情况,而半潮湿、潮湿环境下的坡面流沉积还是有别于干旱环境下的筛状沉积。坡面流沉积的特点以砾石为主、砾石分选较好,粒径大于10 cm 砾石不常见,成份较复杂,杂基以砂质为主。出现正韵律层理构造,砾石多瓦状排列,多与河道砂岩互层。储层物性较好,孔隙度在30%~25%之间,渗透率在 $8100 \times 10^{-3} \sim 7900 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间。声波时差曲线形态为宽指状;视电阻率曲线呈锯齿状。表现为砂泥质包砾,松散的砂砾混杂或含油砂包砾等现象。钻井取芯为油浸至富含油。

③辫状河流微相

岩石以中粗砂为主,砾石含量一般低于10%,分选较好,磨圆中一好。单矿物长石、石英含量较高;常见大型斜层理和大型槽状交错层理及平行层理,偶见爬升波纹交错层理。储层物性好,平均孔隙度大于30%,平均渗透率大于 $8100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。声波时差曲线形态呈箱状至指状高值;视电阻率曲线在不含油层段为低值,而含油层段为高值。钻井取芯多表现为饱含油砂岩、饱含油含砾砂岩。

4 基准面升降变化与沉积旋回组合特征

4.1 基准面的升降变化与沉积层序的形成

按 Cross 等人的基准面穿越旋回原理^[6,7],区内馆陶组中可识别出6个沉积旋回层序。但是,基于研究区以粗粒碎屑沉积为主、以及广泛发育的侵蚀界面,本文采用的划分旋回层序界面的标准是以基准面上升向基准面下降过程转换面作为旋回层的界面^[8,9]。这样,一个旋回层由下部的代表基准面上升的半旋回与上部的代表基准面下降的半旋回组成。下部半旋回自下而上其岩性特征的变化是由砾岩类向含砾砂岩类、粗一中砂岩类、细砂岩类变化(正韵律半旋回);上部半旋回则与下部半旋回的岩性变化特征相反(反韵律半旋回)。但是,研究区内下降半旋回层并不发育,仅部分并部分旋回内见有下降半旋回。

产生这种沉积旋回的机理主要有两个方面:其一是由于沉积自旋回作用而形成的;其二则是由于它旋回作用而形成的。自旋回的沉积作用主要是辫状河流

的横向迁移及摆动所致,形成一系列向上变细的“半旋回层”。但是,组成这种半旋回层序沉积亚相仅局限于某一种,并且,在区域范围内这种半旋回层序没有可对比性,这是由于河流的迁移或摆动在区域范围内并非均一的,河流发育的扇中或扇的轴部其迁移和摆动也频繁,形成的旋回层多,在扇缘或扇端部位河流则不发育,因此,形成的旋回层序也少。受基准面控制的它旋回在区域范围乃至在整个盆地内都可进行追踪和对比,一个旋回层序内是由多种相类型有规律的叠置而成(图4)。

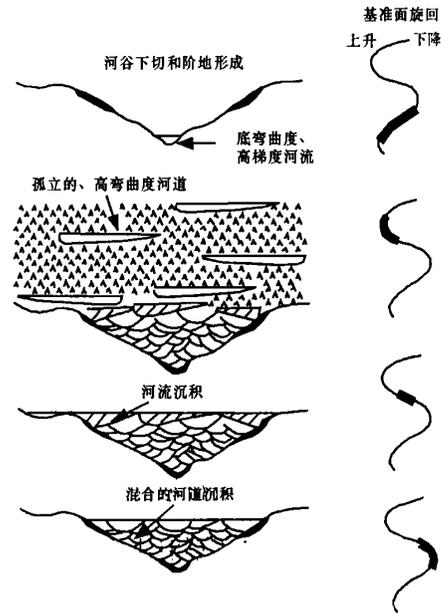


图4 湿地冲积扇中一个基准面旋回的地层沉积组合特征
Fig. 4 Stratigraphic sediment combination characters of a datum plane cycle in wet alluvial fan

根据基准面旋回的原理,结合研究区的具体情况,在进行沉积旋回等时对比的过程中,会出现如下几种对比情况:

- 1)完整的旋回层进行对比;
- 2)半旋回与完整旋回层的对比;
- 3)半旋回层与半旋回层的对比;
- 4)间断面与旋回层的对比。

这几种等时对比的模式如图5所示。但区内最常见的情况是第3和第4种。区内广泛缺失下降半旋回层可以解释为是由于研究区过于接近物源区(扇根下部一扇中),沉积补给充分,基准面的稍微下降即可达到自然物理面(地形表面),导致研究区成为一个既不发生沉积、也不发生剥蚀的河流平衡剖面,或者是由于快速下降的基准面导致下伏旋回层的顶部(下降半旋回层)被剥蚀,甚至将整个下伏旋回层剥蚀殆尽。

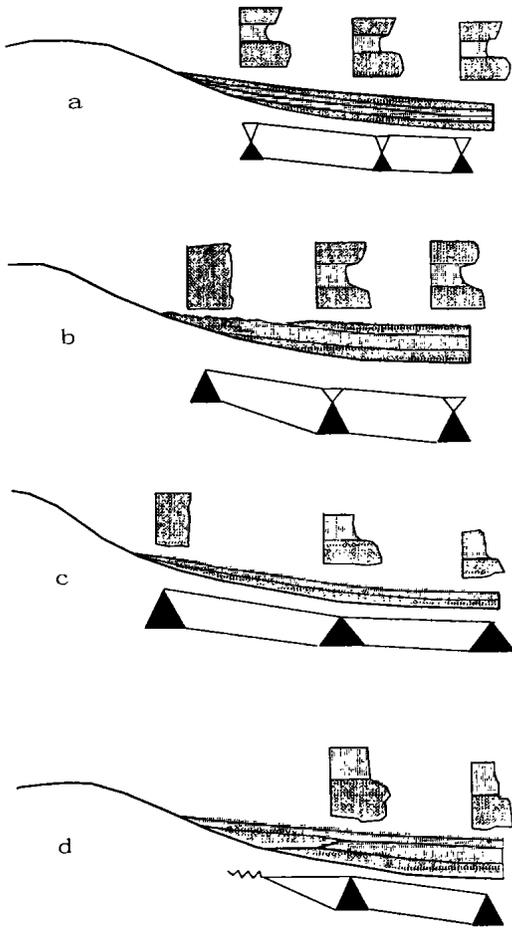


图5 小层等时对比的几种模式

Fig.5 Several models of mbr isochronous comparison

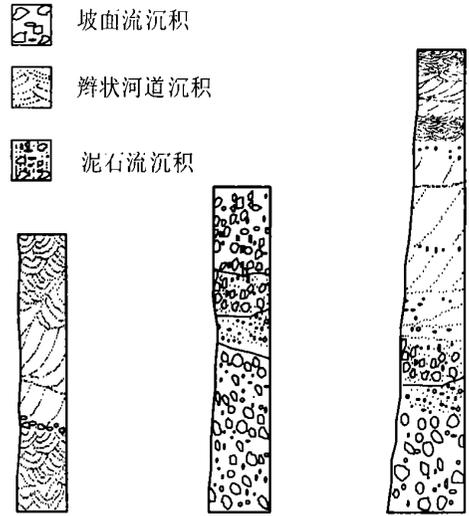


图6 馆陶组湿地冲积扇沉积层序

Fig.6 Sedimentary sequences of wet alluvial fan in Guantao Formation

4.2 垂向层序及沉积相的组合特征

研究区馆陶组湿地冲积扇的旋回层自下而上主要由坡面流沉积的砾岩层、辫状河流沉积的砾岩层、中—粗粒砂岩层及细粒砂岩层组成^[10]。一个层序的形成代表了基准面上升、然后下降的完整旋回的沉积响应。基准面周而复始的运动则导致若干旋回层序的叠置。

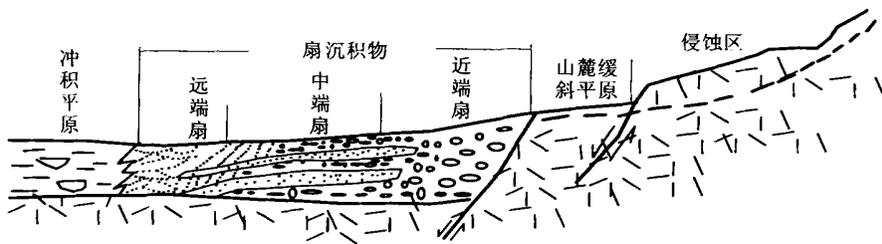


图7 馆陶组湿地冲积扇及沉积模式图

Fig.7 Wet alluvial fan and sedimentary model in Guantao Formation

据钻井取芯详细研究及测井曲线的对比, 研究区沉积相的垂向组合类型主要有三种: 一种是坡面流夹泥石流沉积, 以块状砾岩为主。一种是底部为坡面流夹泥石流沉积, 上部为辫状河道沉积。第三种是辫状河道沉积, 以含砾砂岩为主(图6)。在这三种组合类型中, 都具有明显的下粗上细的正旋回特征。

在平面上, 坡面流微相和辫状河道微相沉积特征明显, 分布稳定, 厚度相对较大。泥石流微相多呈中、薄层状, 夹于坡面流微相和辫状河道微相沉积中, 具有

层数多, 厚度小, 分布不稳定的分布特点, 在平面上基本不能区分该微相的分布特征。

冲积扇沿物源方向向上与残积、坡积相邻接, 向下与冲积平原交汇。与河流沉积呈超覆或舌状交错接触。

4.3 冲积扇的相模式

根据对该扇的纵横向的沉积特征及沉积相的组合特点, 馆陶组湿地冲积扇的沉积模式可归纳为图7所示的模式。

参考文献(References)

- 1 辽河油田石油地质志编辑委员会. 中国石油地质志(卷三)—辽河油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 31~123[Editorial Committee of "Petroleum Geology of Liaohe Oil-field". *Petroleum Geology of China* (Vol. 3)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993. 31~123]
- 2 Gok C V, Chitale S V. Inland delta building activity of Kosi River[J]. *Jour. Hydraul. Proc. Am. Soc. civ. Engrs.*, 1996, 92: 111~126
- 3 Leggett R F, Brown R J E, Johnston G H. Alluvial fan formation near Aklavik, Northwest Territories, Canada[J]. *Bull Geol. Soc. Am.*, 1996, 77: 15~30
- 4 Nemec W, Steel R J. What is fan delta and how do we recognize it? [A]. In: Nemec W, Steel R J, eds. *Fan deltas, sedimentology and tectonic settings*[C]. Glasgow, Scotland: Blakie and Sons, 1988, 2~3
- 5 冯增昭主编. 沉积岩石学[M]. 石油出版社, 1993. 77~10[Feng Zengzhao, ed. *Sedimentary petrology*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993
- 6 Cross T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Eastern Interior, U S A[A]. In: Wilans C K, *et al* eds. *Sea-level Changes; An Integrated Approach*[C]. SEPM. *SPec. Publ.*, 1998, 42: 371~380
- 7 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派—高分辨率层序地层学[J]. 石油天然气地质, 1995, 16(2): 90~97[Deng Hongwen. A new School of thought in sequence stratigraphic studies in U. S.: High-resolution sequence stratigraphy[J]. *Oil and Gas Geology*, 1995, 16(2): 90~97]
- 8 郭建华, 高少波, 吴东胜等. 陆相断陷湖盆 T-R 旋回沉积层序与研究实例[J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 8~14[Guo Jianhua, Gong Shaobo, Wu Dongsheng. Sedimentary sequence of T-R cycle and a case study in the continental fault lacustrine basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16(1): 8~14]
- 9 郭建华. 高频湖平面升降旋回与等时储层对比——以辽河西部凹陷欢 50 块杜家台油层为例[J]. 地质论评, 1998, 44(5): 529~535[Guo Jianhua. High-frequency lake-level rise and fall cycles and correlation of synchronous reservoir—A case study of the Dujiatai Oil Zone of the block Huan 50, western Liaohe Depression[J]. *Geological Review*, 1998, 44(5): 529~535]
- 10 Ryang W H, Chough S K. Sequential development of alluvial/lacustrine system; southeastern Eumsung Basin, Korea[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1997, 67(1): 274~285

Wet Alluvial Fan Sedimentary in the Guantao Formation of Shuyi Area

GUO Jian-hua¹ ZHU Mei-heng¹ YANG Shen-gu² LIU Chen-sheng¹¹ (Central South University, Changsha 410083)² (Jiangnan Petroleum University, Jingzhou Hubei 434023)

Abstract According to core observation, the coarse clastic rock in the area is studied in detail with seismic data and well logging date. The result shows that the coarse clastic rock is formed in wet alluvial fan. The lithologic character, geologic climate feature and the types of micro-facies in the Guantao Formation are analyzed and the models of facies are also concluded in this paper. Through detailed study, the paper further illuminate that the base level cycle has effect on sedimentary facies.

Key words sedimentary facies, alluvial fan, Guantao Formation, braided channel