

文章编号: 1000-0550(2010)01-0058-10

陕北地区上三叠统延长组三角洲骨架砂体粒度特征^①

陈飞¹ 罗平² 张兴阳² 王训练¹ 罗忠² 刘柳红²

(1. 中国地质大学(北京)“海相储层演化与油气富集机理”教育部重点实验室 北京 100083;

2. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院 北京 100083)

摘要 大型湖盆三角洲砂体是中国陆相盆地最重要的油气储集层,进行湖盆三角洲骨架砂体的分析,对于三角洲砂体分布预测有重要意义。综合运用露头剖面以及粒度分析,对鄂尔多斯盆地东缘上三叠统延长组长7—长4+5三角洲沉积体系进行系统的研究,探讨了沉积物粒度与河型之间的关系,识别出曲流型分流河道、辫状型分流河道沉积微相以及近缘水下分流河道、远缘水下分流河道沉积和席状水下分流河道沉积,并且认识到长7—长4+5三角洲沉积体系内河道形态、砂体结构发生有规律的变化。研究表明,粒度因河型不同而迥异,偏度—峰态在不同河型中表现不同。

关键词 粒度分析 沉积体系 三角洲骨架砂体 延长组 陕北地区

第一作者简介 陈飞 男 1977年出生 博士 层序地层学与石油地质学 E-mail: chenfei1126@163.com

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

0 引言

大型湖盆三角洲砂体是中国陆相盆地最重要的油气储集层,进行湖盆三角洲骨架砂体的分析,对于三角洲砂体分布预测有重要意义。目前,鄂尔多斯盆地上三叠统延长组曲流河三角洲沉积的研究众多^[1~7],但对延长组三角洲骨架砂体的类型及其演化认识均存在较大分歧,特别是粒度与河型之间关系研究甚少。本文以鄂尔多斯盆地东缘延河、清涧河、淮宁河以及大理河露头剖面综合研究为基础,通过对粒度特征的分析,阐明陕北地区晚三叠世延长组长7—长4+5三角洲骨架砂体结构特征,探讨了骨架砂体的演化,揭示了沉积物粒度与河型之间的关系。

1 区域地质概况

鄂尔多斯盆地位于华北地台的西部,是一个多构造体系、多旋回演化、多沉积类型的大型盆地^[1~3]。从晚三叠世开始进入内陆拗陷盆地发育阶段^[2~4],湖盆在发生一发展—消亡沉积演化的过程中形成了完整的湖泊—三角洲相沉积演化旋回,沉积了一套由湖相—三角洲相约1 000 m的碎屑岩建造,即闻名中外的上三叠统延长组含油层系^[5]。根据岩性及古生物组合,将延长组自上而下划分为长1—长10等10个

油层组。陕北地区位于鄂尔多斯盆地东北部,晚三叠世延长组长6期鄂尔多斯盆地东北部发育盐定、吴旗、志靖、安塞等5个大型曲流河三角洲^[4,6,7],曲流河三角洲前缘砂体上覆于湖盆最优质的长7暗色泥页岩之上,是鄂尔多斯盆地最重要的烃源岩发育层位,同时也是中生界主力产油层位之一。其上长4+5大套泥岩形成了区域盖层,构成了有利的生储盖组合。安塞三角洲东北物源方向的延河、清涧河、淮宁河及大理河剖面长6曲流河三角洲砂体出露良好(图1)。

晚三叠世鄂尔多斯盆地已经是一个大型内陆汇水盆地,表现在其四周的古水流流向盆地中心,沉积物从盆地边部向中心搬运。研究区南部延长—宜川地区沉积物搬运方向由东向西;北部的延川、绥德、米脂、榆林一带古水流呈北东向(图1)。

2 曲流河三角洲骨架砂体分析

对延河、清涧河、淮宁河及大理河露头剖面的综合研究,将陕北地区延长组长7、长6³、长6²、长6¹、长4+5几个岩性(亚)段,通过对剖面研究和粒度分析^[8~10](图2),综合古水流(图1),并结合前人研究^[2,4,6,7,11,12],表明晚三叠世延长组长7—长4+5主要发育北东向的曲流河三角洲沉积体系。

^①中国石油天然气股份有限公司“十五”重大科技攻关项目(批准号:040501-09)资助。
收稿日期:2009-01-22;收修稿日期:2009-03-30

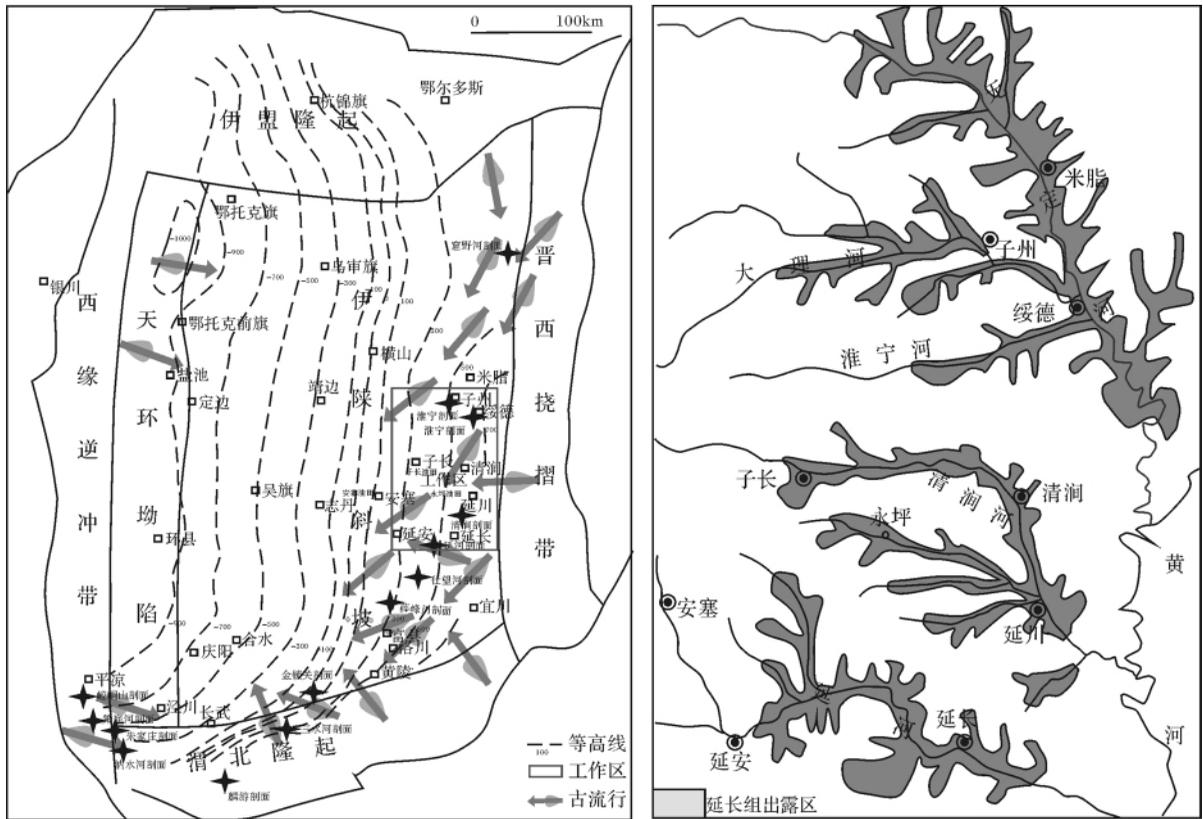


图 1 鄂尔多斯盆地区域概况及其古水流(左图) 研究区位置图(右图) (据王岚 2008; 张虹等 2008 修改)

Fig.1 Palaeocurrents analysis (left) of Yanchang Formation of location of the study area (right)

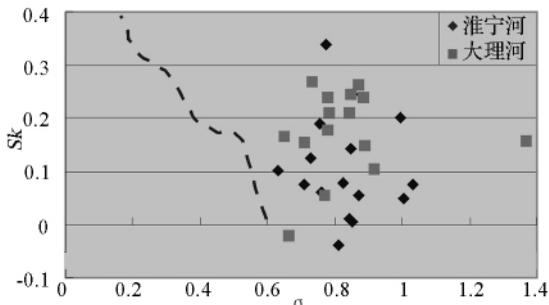


图 2 淮宁河和大理河剖面结构参数散布图

Fig.2 Structure parameter dispersal map of Huaininghe Rive and Dalihe River

2.1 三角洲平原骨架砂体

陕北地区晚三叠世延长组构成大型曲流河三角洲平原骨架砂体类型可以分为曲流型分流河道沉积和辫状型分流河道沉积(图 3)。

(1) 曲流型分流河道沉积

曲流型分流河道主要发育在长 6³、长 6¹ 上部以及长 6² 下部。以大理河阎王砭、延河潭家湾和淮宁河马家坪剖面较为典型。河道相序下部单元发育底

部侵蚀明显,内部多期河道切割叠置,砂体为席状或透镜状(图 4)。岩性为淡黄色、浅灰色、肉红色厚层一块状中砂岩、粗砂岩,与淡黄色、青灰色粉砂质泥岩和泥质粉砂岩互层。

大理河阎王砭剖面长 6² 下部,纵向上下粗上细,韵律变化明显,横向上延伸有限,沉积变化较快。颜色由浅灰过渡到青灰色、灰绿色,沉积构造由下部的块状层理、大型槽状交错层理、小型槽状交错层理到波状交错层理、变形层理,上部垂直生物钻孔和植物化石常见。

总体而言,河道沉积正韵律明显,河道底床充填以块状和大型交错层理砂岩为主;点坝侧积结构明显,砂坝增生单元为大型单层系交错层理,细粒单元不发育。侧向加积砂岩层内部发育低角度交错层理以及小型的水流波痕纹理。曲流河道砂岩中发育楔状交错层理、平行层理及槽状交错层理。砂岩底部见灰绿色长 6~8 cm,最长为 20 cm 泥砾及植物茎干化石,近底部有铁质结核。向上泥质增多颜色变浅,发育植物根迹。

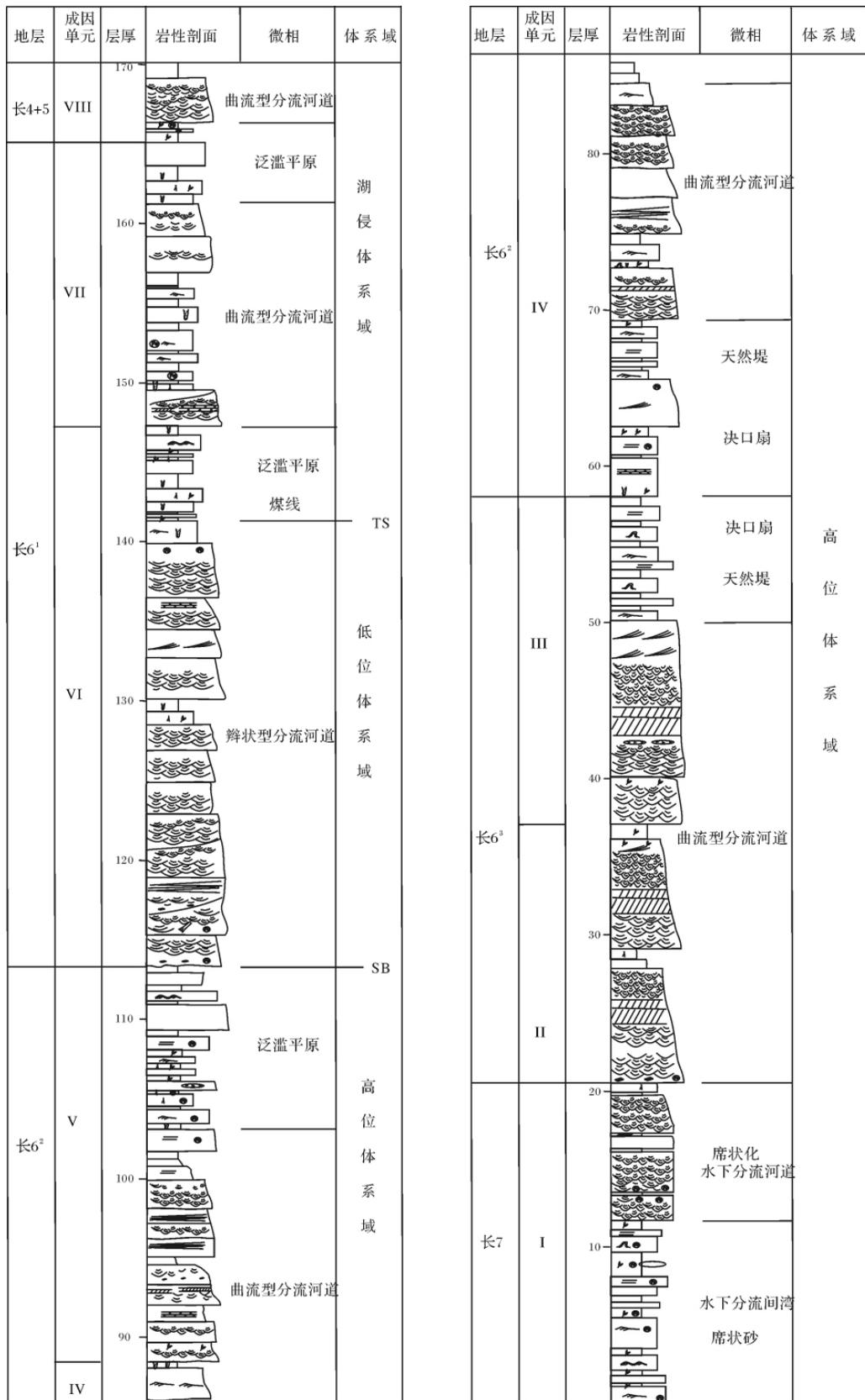


图3 陕北地区淮宁河长7 - 长4 + 5 露头沉积相剖面综合柱状图

Fig. 3 Outcrop sequence stratigraphic section of Chang7 - Chang 4 + 5 Yanchang Formation along Huaininghe River in North of Shaanxi province



图 4 延河潭家湾露头曲流型分流河道砂体内部叠置关系

Fig. 4 Meandering distributary channel sandbody and filling architecture at the Yanhe River Tanjiawan Outcrop

粒度概率累计曲线以二段式和三段式为主,三段式多见(图 5),其中 B 段最发育,斜率在 $75^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 左右,分选较好。粗、细截点分别为 3ϕ 和 $4 \sim 5\phi$ 。粒度分布基本具有对称性。C 段较发育, A 段发育稍差,斜率都在 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$,但 C 段斜率更大些。下部截点在 $2 \sim 3\phi$ 间,上部截点在 $4 \sim 5\phi$ 间。这种类型的概率曲线与密西西比河分流河道沉积的粒度曲线相类似^[9]。

这种类型的概率曲线可能是由于古坡度相对小、

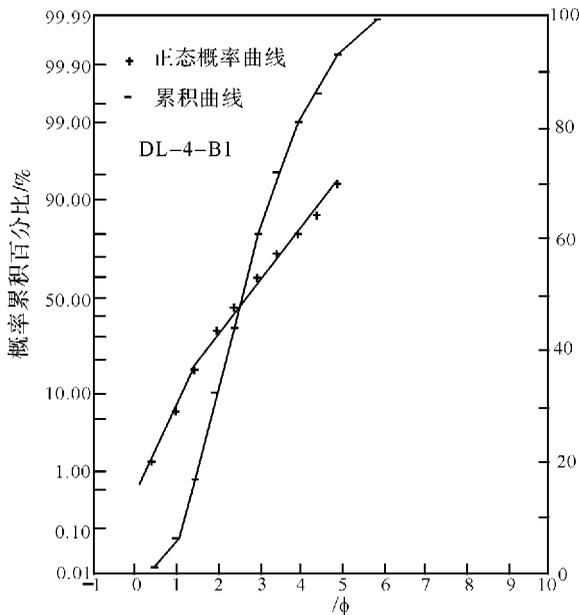


图 5 大理河剖面粒度概率累积曲线(长 6^2 下部)

Fig. 5 Probability cumulation curve of DL-4-B1 at Dali River outcrop (Chang 6^2)

水流相对减弱,介质中滚动组分含量低,而以跳跃式搬运的组分为主。它代表了接近于分流河道的主河道位置的沉积。

另外,在本区长 6^2 普遍发育另外一种曲流型分流河道,缺少河道砂体的下部单元,泛滥平原面积扩大,砂体为席状薄层,横向上砂体延伸距离远。底面平整微侵蚀或者无侵蚀,粒度较细,以粉砂为主。代表了地形平缓、水流能量较小、河道宽深比大的沉积背景。典型剖面有淮宁河田庄剖面 and 大理 - 河沙滩坪及延河董家河剖面。

淮宁河田庄剖面长 6^2 亚段,整体上表现为中细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩的席状互层,底部侵蚀微弱,顶部平缓。河道正韵律不明显,砂体的非均质性向上增强,河道规模和宽/厚比明显变小,河道间的泛滥平原沉积增加。砂体单层厚度为 $1 \sim 3$ m,薄者不足 1 m。横向延伸稳定,局部与废弃河道充填沉积相连。主要为洪水衰退期,大量悬浮物质沉积而成。内部由槽状交错层理逐渐过渡到平行层理及水平层理和沙纹层理。

粒度分布概率累积曲线为二段式(图 5),可以区分上下两段,由跳跃和悬浮两部分组成。截点的变化很宽($3.0 \sim 5.0\phi$),接触关系为过渡型,说明水流的变化较小,强度高的在较粗粒度上发生截断。其中下段斜率为 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$,部分达到 85° ,说明颗粒分选较好。上段斜率为 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$,分选差。粒度范围 $1.5 \sim 6.0\phi$,其中粒径 $2.5 \sim 3.5\phi$ 含量最多。

(2) 辫状型分流河道沉积



图6 延河朱家湾露头辫状型分流河道砂体内部叠置关系

Fig. 6 Braided distributary channel sandbody and filling architecture at the Yanhe River Zhujiawan outcrop

辫状型分流河道沉积主要发育于长6¹,以清涧河营田村、延河朱家湾剖面最为典型(图6)。

辫状型砂体具有很小的宽/厚比值以及有限的泛滥平原,在垂向上表现为一种泛连通结构。不同期次、不同级次砂体叠置,砂体内部发育各种形式的冲刷面,砂体之间存在有细粒沉积单元。水动力较强,河道沉积物的粒度相对较粗。砂岩内部发育大型槽状交错层和楔状交错层理砂岩为主,发育大量炭化植物茎干及泥砾。

粒度分布曲线为三段结构,其中B段最发育,斜率在65°~80°左右,粒度范围为2~6φ,分选较好。粗、细截点分别为2~3φ和4~5φ。

这种类型的概率曲线代表了水动力较强,河道沉积物的粒度相对较粗。岩性为浅肉红色、浅灰色中砂岩、浅灰色、灰绿色细砂岩,主要发育槽状交错层理、板状交错层理,层系底面常有冲刷面出现。

2.2 三角洲前缘骨架砂体

三角洲前缘骨架砂体主要为水下分流河道和河口坝,其发育程度较差。根据分流河道发育形态、岩性及内部构成,可以识别出三种类型,即近缘水下分流河道、远缘水下分流河道沉积及席状化水下分流河道沉积。

(1) 近缘水下分流河道沉积

近缘水下分流河道发育于三角洲近端前缘,以延河潭家河、清涧河刘家湾及大理河石角露头较为典型,发育在长7顶部。

延河潭家河露头长7段顶部水下分流河道沉积

厚约4m,横向不稳定,向西厚度增大后没入地下,底面侵蚀切割形态明显,主体为发育槽状交错层理与楔状交错层理的细砂岩,为多个坝体的叠加,侧翼相变成水下决口扇或河口坝沉积。与三角洲平原分流河道相比,水下分流河道底部及内部泥砾少见,砂体风化色更偏向于绿灰或青灰色,而三角洲平原砂体风化后多呈黄灰色。清涧河刘家湾露头长7段顶部水下分流河道沉积叠置于河口坝之上,厚约2m,底部侵蚀形态明显,内部发育平行层理及槽状交错层理。

(2) 远缘水下分流河道沉积

远缘水下细粒分流河道发育于三角洲远端前缘,以清涧河露头较为典型。沉积体底部侵蚀形态明显,剖面上呈透镜状,平面上呈舌状,内部为泥质粉砂岩与细砂岩互层充填,横向上多个朵叶体间隔分布。该类河道沉积与具细粒沉积河口坝及席状细砂岩伴生,为远端前缘小型低能分流河道沉积。

(3) 席状化水下分流河道沉积

席状化水下分流河道沉积发育于延河长7段上部,属于水下分流河道向席状砂的过渡类型。剖面形态为席状,厚度2~4m,出露宽度300~500m,与席状砂及水下决口扇沉积相伴生。砂体下部发育槽状交错层理,上部发育低角度交错层理。

3 粒度参数特征

3.1 粒度参数分布

不同的沉积环境由于搬运介质及动力条件的差异,造成粒度分布不同的特征。因此,通过对沉积物

粒度分布研究可了解沉积物所处的沉积环境。表征粒度特征的主要参数有: 平均值(中值) M_z 、标准偏差 σ 、偏度 SK 、峰态 KG 等^[8,9]。

对该区淮宁河剖面 and 大理河剖面三角洲骨架砂体的粒度特征统计表明(表 1), 该区粒度特征存在平

均值(中值) 偏粗以中细砂岩为主、选中等一分选好、正偏的特征, 即沉积物粒度跨度大, 并主要集中于粗粒部分, 表现出变化幅度较大的特点, 说明整个剖面粒度组成不太均一, 显示了水动力发生较大的变化(图 7)。

表 1 淮宁河和大理和粒度参数的分布特征

Table 1 The change of grain-size characteristic of Huanninghe River and Dalihe River section

样品编号	层位	厚度/m	M_z	σ	SK	KG	样品编号	层位	厚度/m	M_z	σ	SK	KG
1-B1	长 7	0.6	3.578	1.032	0.074	0.905	DL-2-B1	长 63	9	3.03	0.65	0.166	0.939
1-B2	长 7	7.2	4.163	0.842	0.01	1.096	DL-2-B2	长 63	13	3.258	0.846	0.244	1.17
1-B4	长 7	12.6	4.045	0.851	0.004	1.114	DL-4-B1	长 62	52.4	2.813	1.369	0.157	0.943
1-B5	长 7	15	4.863	0.632	0.103	0.833	DL-4-B4	长 62	69	3.444	0.916	0.104	0.893
2-B1	长 63	25	2.815	0.774	0.339	1.115	DL-5-B1	长 62	71	3.115	0.883	0.24	0.905
2-B2	长 63	28.2	3.7	0.852	0.244	1.065	DL-5-B2	长 62	77.4	3.276	0.779	0.239	1.122
3-B1	长 63	38.2	3.523	0.848	0.144	1.139	DL-5-B3	长 62	95.4	3.46	0.732	0.268	1.018
3-B2	长 63	43	3.226	0.995	0.2	0.975	DL-5-B4	长 62	99.2	3.59	0.779	0.177	1.015
3-B3	长 63	49.2	3.777	1.002	0.049	1.05	DL-5-B6	长 62	103.8	3.807	0.661	-0.021	0.966
4-B2	长 62	75.6	3.05	0.811	-0.038	1.038	DL-6-B1	长 61	107.2	3.041	0.783	0.211	1.035
5-B1	长 62	94.6	3.253	0.729	0.126	1.086	DL-6-B2	长 61	115.8	3.489	0.845	0.209	1.013
6-B1	长 62	101.8	3.522	0.758	0.062	0.929	DL-6-B4	长 61	128.8	3.475	0.888	0.15	0.981
7-B1	长 61	112.8	3.207	0.823	0.077	0.987	DL-7-B2	长 61	137.8	3.191	0.871	0.264	1.043
7-B2	长 61	136.8	3.359	0.757	0.189	1.033	DL-7-B3	长 61	148.4	3.475	0.711	0.153	1.083
8-B3	长 61	151.2	3.462	0.872	0.055	1.006	DL-7-B4	长 61	156	4.069	0.77	0.055	1.232
8-B4	长 61	156.2	3.483	0.71	0.076	1.024							

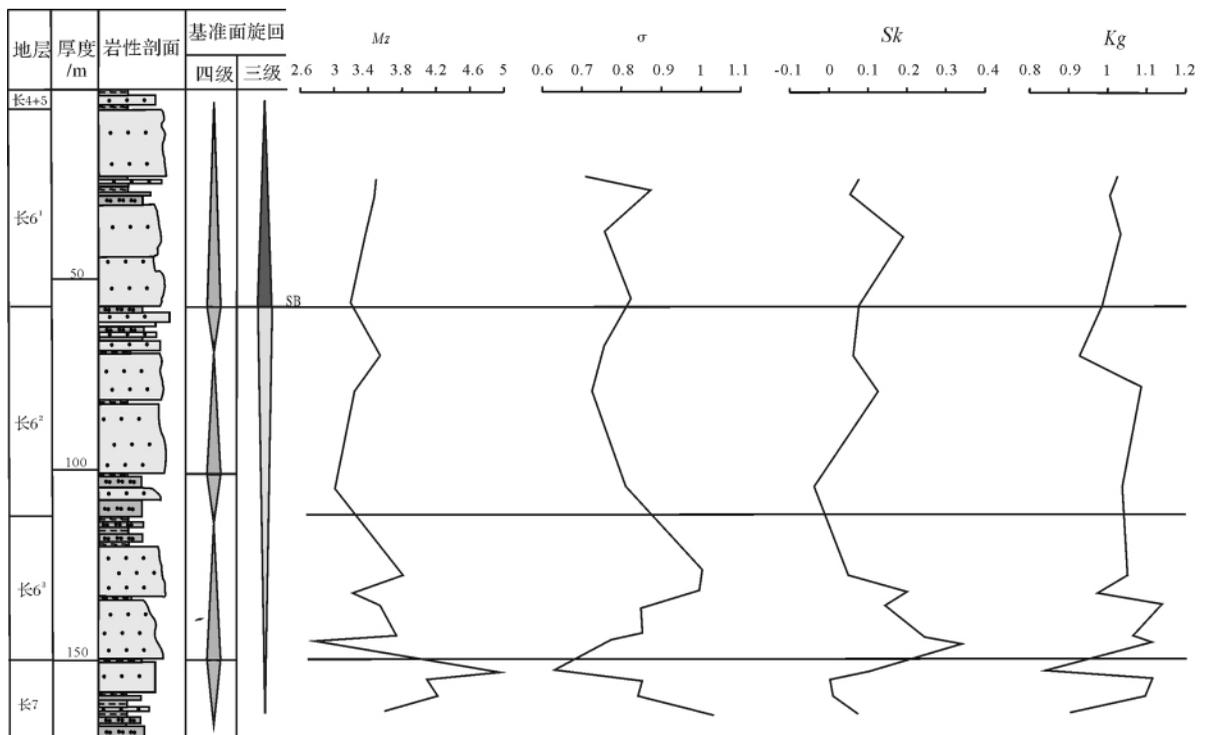


图 7 淮宁河地层剖面及其粒度参数的变化

Fig. 7 Huanning River stratigraphical section and the change of its grain-size parameter

淮宁河剖面 M_z 、 σ 、 SK 、 KG 的分布范围分别是 $2.815\phi \sim 4.863\phi$, $0.710 \sim 1.032$, $-0.038 \sim 0.339$, $0.833 \sim 1.115$, 平均值依次是 3.56ϕ , 0.83 , 0.107 , 1.025 (表1)。从图7中我们可以看出由长7到长6³ 粒度变小; 长6内部粒度相对均一, 而长6²与长6³内部粒度变化更为繁杂, 但都有向上变大趋势。对 σ 来说, 分选中等一分选好。长7分选最好, 长6内部分选中等。长7到长6³ σ 值变化最大, 从0.632到0.774。偏度近于对称的占56.25%, 正偏占37.5%, 仅有1个属极正偏, 反映了分流河道沉积的特征^[8,9]。从 KG 的变化上, 在长6油层组由曲流型分流河道向辫状型分流河道转变过程中发生了跳跃。在三角洲前缘骨架砂体、曲流型分流河道砂体和辫状型分流河道砂体的变化过程中粒度参数都发生了变化, 尤其是在长7与长6³以及长6³与长6²演化过程中都发生了很大变化。

大理河剖面 M_z 、 σ 、 SK 、 KG 的分布范围分别是 $2.813\phi \sim 4.069\phi$, $0.65 \sim 1.369$, $-0.021 \sim 0.268$, $0.893 \sim 1.232$, 平均值依次是 3.37ϕ , 0.83 , 0.174 , 1.024 (表1)。与淮宁河剖面粒度参数相比分选系数分布更为复杂, 镜下观测到的粒度的大小更悬殊, 表明了古坡度及水流的变化性更大^[9]。长6³垂向粒度变小, 而长6²与长6¹变化相似, 都有向上变大趋势, 在长6¹与长6²的界线上由 3.041ϕ 跳到 3.807ϕ 。对 σ 来说, 剖面分选中等一分选好, 长6³垂向分选变差, 而长6¹与长6²都有向上分选变好趋势。偏度 SK 在本剖面从近于对称到正偏, 剖面正偏占86.7%, 仅有1个属负偏近于对称。长6²与长6¹变化相似, 垂向上都有向上逐渐对称。在长6¹与长6²的界线上 SK 由0.211跳到-0.021。

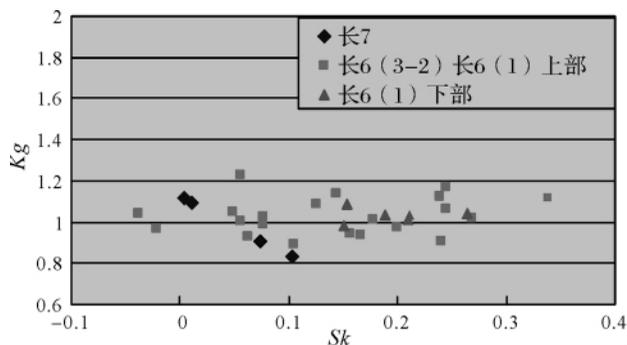


图8 图解偏度对图解峰态散布图

Fig. 8 Dispersal map of graphical solution SK-KG

3.2 不同河型粒度参数分布

湖泊沉积是区域环境变化的天然档案记录库^[13], 河型的变化可能控制沉积物粒度的变化。依据河床粒度参数的统计对比, 图解偏度对图解峰态能明显体现河型的关系^[14]。赵怡文将长江中下游的河床类型分为河口段、单一窄河段、单一宽河段和分叉河段4种类型^[14], 通过淮宁河图解偏度对图解峰态散布图(图8), 我们可以看到研究区的粒度分布与赵怡文对现在长江中下游分叉河段粒度分布特征极为相似。 SK 的分布范围集中在 $-0.038 \sim 0.339$ 之间, 而 KG 则在 $0.833 \sim 1.232$ 范围内分布。一方面, 反映了研究区的沉积类型与长江中下游分叉河段的性质非常相似, 即研究区在长7—长4+5时期该砂体类型为三角洲平原—三角洲前缘沉积。另一方面, 研究区的图解偏度对图解峰态分布又与赵怡文所做的有所区别。尽管分布区域相似, 但是长7砂体粒度参数 SK 集中分布在 $0 \sim 0.1$, 而长6¹下部砂体粒度参数 SK 则主要集中在 $0.15 \sim 0.3$ 之间, 长6³、长6²和长6¹上部砂体粒度参数 SK 分布较为分散。说明了长7—长4+5虽然都属于三角洲前缘—三角洲平原仍然有很多区别。长7为三角洲前缘骨架砂体, 主要为席状化水下分流河道, 主要分布在图的左侧, SK 分布在 $0 \sim 0.1$; 长6¹下部为三角洲平原辫状型分流河道, 主要分布在图的右侧, SK 集中在 $0.15 \sim 0.3$ 之间; 长6³、长6²和长6¹上部为三角洲平原曲流型分流河道, 分布的范围相对较广(图8)。这与在露头剖面对砂体河道类型的分析相吻合。

4 沉积演化

通过对鄂尔多斯盆地东缘延河剖面、清涧河剖面、淮宁河剖面和大理河剖面等露头剖面发育的特征观察, 建立了鄂尔多斯盆地东缘上三叠统延长组长7—长4+5沉积体系内砂体结构综合模式。研究表明, 鄂尔多斯盆地晚三叠世经历了一个完整的陆相湖盆发展过程。湖盆经历了初始沉陷期(长10—长8)、鼎盛扩张期(长7)和萎缩充填期(长6—长1)。长6期为三角洲的繁盛期, 长7—长4+5三角洲沉积体系内河道形态、砂体结构发生有规律的变化(图9)。

长7期湖盆发展到全盛期, 广大范围被湖水淹没, 深湖区的面积也急剧扩大。南北沉降不平衡, 西南部沉降幅度大, 而东北部沉降幅度相对较小。这很可能就是盆地中心向西南迁移的构造动力学机制, 也是南北沉积体系不对称发育的根源^[15]。此时可容空

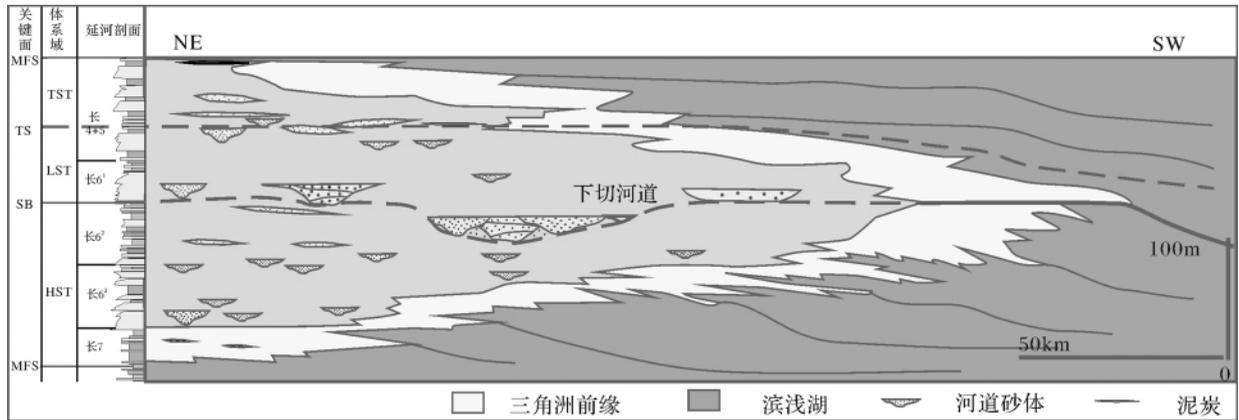


图9 陕北地区延长组长7—长4+5曲流河三角洲砂体骨架结构综合模式图

Fig.9 Reconstruction diagram of channel-fills architecture in delta sequence framework of Chang7 - Chang 4 + 5 in North of Shaanxi

间较大、三角洲萎缩,主要以席状化水下分流河道为主,砂体相对不发育,剖面上呈透镜状,平面上呈席状;进入长6期,湖盆下降速度变缓,沉积作用大大加强,东北沉积体系进积而西南沉积体系相对萎缩。长6³时以曲流型分流河道为主,形成单个孤立河道砂体或者多个河道侧向叠置,叠置河道间发育溢岸沉积^[16],河道砂体的叠置宽度可达百余米,厚度约为十米,内部发育槽状交错层理、楔状交错层理及平行层理等,砂岩中发育炭化植物叶片,可见到硅化木;长6²时与长6³相同,以曲流型分流河道为主,分流河道变宽、宽/深度变大,河道弯曲度变大,以悬浮负载为主,席状分流河道砂体与泛滥平原泥页岩频繁发育,形成席状韵律互层的泛滥平原砂体,偶尔夹有透镜状分流河道砂体;长6¹时则以辫状型分流河道为主,河流侵蚀加剧,发育多个辫状河道沉积侧向叠置,时空上相互叠切,平面上连片分布,形成复合河道砂体^[17,18]。砂体多为土黄色、淡黄色、灰绿色厚层—块状中砂岩、粗砂岩,发育槽状交错层理、楔状交错层理及板状交错层理。内部发育复杂的侵蚀面,有时含大量内碎屑泥砾、炭化碎屑及树干。总体呈现底部较为平坦的大型河道复合体。长4+5期开始了次一级湖泛,河道砂岩发育,在细粒泛滥平原沉积中,河道砂体彼此孤立、连通性差,形成迷宫状砂体^[19](图9)。

5 结论

(1) 通过对鄂尔多斯盆地陕北地区上三叠统延长组露头研究,识别出曲流型分流河道沉积和辫状型分流河道沉积以及近缘水下分流河道沉积、远缘水下分流河道沉积及席状化水下分流河道沉积。

(2) 综合分析了陕北地区淮宁河剖面和大理河

剖面延长组沉积物粒度,结合概率累计曲线、粒度结构参数及其散布图的研究,探讨了沉积物粒度和河型之间的关系,研究表明,偏度—峰态在不同河型中表现不同,水下分流河道 KG 分布在 0.83 ~ 1.23 范围内; SK 在 0 ~ 0.1 主要为席状化水下分流河道, SK 在 0.15 ~ 0.3 为辫状化水下分流河道, SK 在 -0.03 ~ 0.34 为曲流型水下分流河道。

致谢 本文的研究工作得到了中国地质大学(北京)地球科学与资源学院的单伟博士和中国石油大学(华东)王金友副教授的热心帮助,样品的野外采集工作由中国石油勘探开发研究院实验中心周川闽工程师协助完成,审稿人提出了建设性的意见,在此深表感谢。

参考文献(Reference)

- 1 李德生.重新认识鄂尔多斯盆地油气地质学[J].石油勘探与开发,2004,31(6):1-7 [Li Desheng. Return to Petroleum geology of Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(6): 1-7]
- 2 杨明慧,刘池洋,郑孟林,等.鄂尔多斯盆地中晚三叠世两种不同类型边缘层序构成及对构造活动响应[J].中国科学: D 辑(增刊),2007,37(1):173-184 [Yang Minghui, Liu Chiyang, Zhang Menglin, et al. Sequence architecture margins of two different types response to tectonic movement, Middle-Later Triassic, Ordos Basin [J]. Science in China: Series D (Suppl.), 2007, 37(1): 173-184]
- 3 刘池洋.叠合盆地特征及油气赋存条件[J].石油学报,2007,28(1):1-7 [Liu Chiyang. Geologic characteristics and petroleum accumulation conditions of superimposed basins [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(1): 1-7]
- 4 张兴阳,罗平,顾家裕,等.三级基准面旋回内三角洲砂体骨架模型的建立——以陕北安塞三角洲露头为例[J].沉积学报,2006,24(4):540-548 [Zhang Xingyang, Luo Ping, Gu Jiayu et al. Establishment of the delta sandbody framework model in a 3rd Order baselevel

- cycle: Taking Shanbei-Ansai delta outcrop as an example [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2006, 24(4): 540-548]
- 5 杨俊杰, 李克勤, 宋国初, 等. 中国石油地质志(卷四) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 62-67 [Yang Junjie, Li Keqing, Song Guochu, et al. *Petroleum Geology of China*(Vol. 4) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 62-67]
 - 6 武富礼, 李文厚, 李玉红, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化 [J]. *古地理学报* 2004, 6(3): 307-315 [Wu Fuli, Li Wenhou, Li Yuhong, et al. Delta sediments and evolution of the Yanchang Formation of Upper Triassic in Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography* 2004, 6(3): 307-315]
 - 7 宋凯, 吕剑文, 杜金良, 等. 鄂尔多斯盆地中部上三叠统延长组物源方向分析与三角洲沉积体系 [J]. *古地理学报*, 2002, 4(3): 59-66 [Song Kai, Lü Jianwen, Du Jinliang, et al. Source direction analysis and delta depositional systems of Yanchang Formation of the Upper Triassic in the central Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2002, 4(3): 59-66]
 - 8 Friedman G M, Johnson K G. *Exercises in Sedimentology* [M], New York: John Wiley and Sons, 1982
 - 9 成都地质学院陕北队. 沉积岩(粒度)分析及其应用 [M]. 北京: 地质出版社, 1978: 1-147 [Shanbei term of Chengdu College. of Geology, Analysis and Application of Grain Size in Sedimentary Rocks [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1978: 1-147]
 - 10 杨玉卿, 田洪, 孟杰, 等. 渤海湾中部南堡 35-2 地区新第三系河流沉积及油气勘探意义 [J]. *古地理学报* 2001, 3(4): 78-81 [Yang Yuqing, Tian Hong, Meng Jie, et al. Fluvial sediments and their oil-gas exploration significance of the neogene in the Nanpu35-2 area of central Bohai gulf [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2001, 3(4): 78-81]
 - 11 郑荣才, 彭军. 陕北志丹三角洲长 6 油层组高分辨率层序分析与等时对比 [J]. *沉积学报*, 2002, 20(1): 92-100 [Zheng Rongcai, Peng Jun. Analysis and isochronostratigraphic correlation of high-resolution sequence stratigraphy of Chang-6 oil reservoir set in Zhidan Delta, northern Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(1): 92-100]
 - 12 罗忠, 罗平, 张兴阳, 等. 层序界面对砂岩成岩作用及储层质量的影响——以鄂尔多斯盆地延河露头上三叠统延长组为例 [J]. *沉积学报* 2007, 25(6): 903-914 [Luo Zhong, Luo Ping, Zhang Xingyang, et al. Effect of sequence boundary on sandstones diagenesis and reservoir quality: an outcrop study from the Upper Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin, Northwest China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2007, 25(6): 903-914]
 - 13 沈吉, 安芷生, 王苏民, 等. 鹤庆深钻岩芯揭示的构造-沉积旋回及其西南季风区 2.78Ma 以来的气候环境演化 [J]. *中国科学: D 辑*, 2008, 38(3): 355-363 [Shen Ji, An Zhisheng, Wang Sumin, et al. Structure and sedimentary cycle revealed by Heqing deep drilling core and climate and environmental evolution of the southwest monsoon region since 2.78Ma [J]. *Science in China: Series D*, 2008, 38(3): 355-363]
 - 14 赵怡文, 陈中原. 长江中下游河床沉积物分布特征 [J]. *地理学报*, 2003, 58(2): 223-230 [Zhao Yiwen, Chen Zhongyuan. Sediment distribution in the Yangtze River channel below Wuhan [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(2): 223-230]
 - 15 刘化清, 袁剑英, 李相博, 等. 鄂尔多斯盆地延长期湖盆演化及其成因分析 [J]. *岩性油气藏*, 2007, 19(1): 52-56 [Liu Huaqing, Yuan Jianying, Li Xiangbo, et al. Lake basin evolution of Ordos Basin during Middle-Late Triassic and its origin analysis [J]. *Lithologic Reservoirs*, 2007, 19(1): 52-56]
 - 16 Junko Konmatsubara. Fluvial architecture and sequence stratigraphy of the Eocene to Oligocene Iwaki Formation, northeast Japan: channel-fills related to the sea-level change [J]. *Sedimentary Geology*, 2004, 168: 109-123
 - 17 Wright V P, Marriott S B. The sequence stratigraphy of fluvial depositional systems: the role of floodplain sediments storage [J]. *Sedimentary Geology*, 1993, 86: 203-210
 - 18 Posamentier H W. Siliciclastic sequence stratigraphy and petroleum geology—where to from here [J]. *AAPG Bulletin*, 1993, 77(5): 731-739
 - 19 Van der Werff W, Johnson S. High resolution stratigraphic analysis of a turbidite system, Tanqua Karoo Basin, South Africa [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2003, 20: 45-69

Characteristics of Grain Size of Delta Sandbody Framework in Yanchang Formation Upper Triassic ,North Shaanxi

CHEN Fei¹ LUO Ping² ZHANG Xing-yang²
WANG Xun-lian³ LUO Zhong² LIU Liu-hong²

- (1. Ministry of Education Key Laboratory of Marine Reservoir Evolution and Hydrocarbon Enrichment Mechanism ,
China University of Geosciences , Beijing 100083;
2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development , Beijing 10008;
3. School of Earth Sciences and Resources , China University of Geosciences , Beijing 100083)

Abstract Delta sandbody is the most important large-scale continental-basin hydrocarbon reservoir in China ,The analysis of delta sandbody framework is very important to the prediction of delta sandbody. Based on the synthetical analysis the outcrops profile and grain size analysis data , delta outcrops along the eastern margin of Ordos Basin. Detailed study has been carried out on grain size and river Pattern at the Upper Triassic delta , the study demonstrate that the sandbody architecture and channel morphology should be happen to evolve regularly from the Chang 7 Member to Chang 4 +5 Member in Yanchang Formation , and delta sand body framework is build including meandering distributary channel , braided distributary channel , and submarginal subsurface distributary channel , distant subsurface distributary channel and sheet-like subsurface distributary channel. The study suggests that lies different grain size parameter and Sk-Kg in different river Pattern.

Key word grain size analysis; sdimentary system; delta sandbody framework; Yanchang Formation; North Shaanxi