文章编号:1009-3850(2013)01-0042-07

# 鄂尔多斯盆地定边-吴起地区长6沉积相研究

# 刘 俊<sup>12</sup>,罗顺社<sup>1</sup>,田清华<sup>1</sup>,邓红梅<sup>2</sup>

(1. 长江大学地球科学学院,湖北 武汉 430100; 2. 中国石油长庆油田分公司,陕西 西安 710000)

摘要:通过对岩石学特征、岩石颜色、沉积构造、生物化石标志、粒度分析等特征综合研究,证明鄂尔多斯盆地定边-吴 起地区长6油层组属于辫状河三角洲-湖泊沉积,发育三角洲平原、三角洲前缘及深湖-半深湖亚相。研究区长6油 层组受西北和东北方向上的两个主要物源控制,平面上发育规模较大的北东-南西、北西-南东方向展布的水下分流 河道,延伸至南部入湖。从长63 至长61,研究区湖岸线逐渐向南推移,半深湖-深湖范围逐渐缩小,北部三角洲平原 面积扩大,是一个逐渐湖退的过程。

关 键 词: 鄂尔多斯盆地; 长 6 油层组; 沉积相; 三角洲沉积体系中图分类号: P512.2文献标识码: A

鄂尔多斯盆地是我国重要的含油气盆地 這藏 着丰富的油气资源。盆地在三叠纪时期总体为一 西翼陡窄、东翼宽缓的不对称南北向矩形盆地,盆 地边缘断裂褶皱较发育,而盆地内部构造相对简 单,地层平缓,一般不足1°。研究区定边-吴起地区 位于鄂尔多斯盆地的中西部,在区域构造上西跨天 环坳陷,东邻伊陕斜坡,西起马儿庄,东到城川,北 起安定堡 南至堵后滩(图1)。从沉积旋回上可以 将延长组至上而下划分为10个油层组 其中长6油 层组为一套砂、泥岩呈旋回性韵律互层的组合,是 中生界最重要的含油层段,该油层组又可分为长 6,、长6,及长6,油层。在长6时期主要为辫状河三 角洲与湖相沉积为主,从长 6, 到长 6, 是一个逐渐 湖退的过程。研究区构造运动微弱,几乎没有发生 明显的变形与褶皱,油气储层主要受沉积相带控 制。对定边-吴起地区长6油层组沉积相的研究,对 于油气勘探与开发具有重要的意义。

- 1 沉积相判别标志
- 1.1 岩石学特征
  研究区长6油层组沉积时期,主要受西北和东



图 1 研究区位置 Fig. 1 Location of the study area

收稿日期: 2012-08-06; 改回日期: 2012-10-26 作者简介: 刘俊 男 硕士研究生 ,主要从事沉积学方面的学习和研究工作 北方向两套物源的控制,发育的岩石类型包括泥 岩、粉砂岩、细粒砂岩和中粒砂岩,其中砂岩的颜色 为灰白色、灰绿色,泥岩为黑色及灰黑色。通过对 研究区186 口取心井的薄片观察分析,本区长6油 层组发育的砂岩类型主要为长石砂岩和岩屑长石 砂岩,总体显示长6段砂岩结构成熟度偏低,为低能 沉积环境快速混杂堆积的产物。

1.2 岩性标志

定边-吴起地区长6油层组中广泛发育灰绿色

(图2B)、灰白色细砂岩(图2C),反映研究区在晚 三叠世时期处于弱还原环境。而深灰色、灰黑色泥 岩(图2D)由细粒的粘土矿物组成,它们一般也形 成于水下环境。表明本区定边、古峰庄以南地区处 于水下封闭环境。但由于坡度较缓、水深增加较 慢,认为是一种弱的还原环境,代表三角洲前缘亚 相、前三角洲沉积。除此之外,研究区还发现陆相 植物与湖相介形虫共生的现象(图2E、F),证明其 湖相三角洲的特性。



#### 图 2 研究区主要岩性标志

A 黑色泥岩; B 灰绿色细砂岩; C 灰白色细砂岩; D 含砾黑色泥岩; E 泥岩中的介形虫; F 植物茎干 Fig. 2 Lithological criteria for the study area

A. Black mudstone; B. Greyish green fine-grained sandstone; C. Greyish white fine-grained sandstone; D. Gravel-bearing black mudstone; E. Ostracods in mudtones; F. Plant stems

#### 1.3 沉积构造标志

通过对研究区 43 口取心井的岩心观察,认为研 究区长 6 油层组中层理构造、同生变形构造及底冲 刷构造较为发育,为确定沉积相提供了可靠依据。

(1) 层理构造

该研究区内长6油层组层理构造极为发育,主要有平行层理、槽状交错层理、板状交错层理。此外,砂纹层理、水平层理在粉砂岩、泥岩中也很发育。这些沉积构造均可作为河道砂体直接证据,也是三角洲中最常见沉积构造。其中平行层理、槽状 交错层理及板状交错层理(图3B),常形成于水浅 流急的水动力条件下,主要见于较强水动力的河口 砂坝、水下分支河道和分支河道沉积中;砂纹层理 主要出现在细砂岩、粉砂岩中(图3C),层理面上见 细小植物碎屑、炭屑和丰富的云母片,且常与平行 层理、板状层理共生,通常成于水动力条件较弱的 环境,在三角洲前缘河口坝、远砂坝、前缘席状砂及 分流间湾等微相中均有发育,其中浪成沙纹层理则 是河口坝与浅湖砂坝中最为典型的层理构造;水平 层理为稳定低能环境的产物,在前三角洲相带的粉 砂质泥岩和暗色泥岩中大量发育,且主要发育在剖 面的下部。

# (2) 同生变形构造

同生变形沉积构造主要出现在具有一定沉积 坡度且堆积速度较高的粉-细砂岩与泥岩互层组合 中,是识别三角洲前缘坡折带的标志。该区主要出 现在细砂岩、粉砂岩与粉砂质泥岩互层的岩性中, 主要有滑塌变形构造、包卷层理、砂枕或砂球构造, 其出现在砂岩与泥质粉砂岩互层的河口砂坝,水下 分支河道上部。 (3) 底冲刷构造

底冲刷构造的发育与水动力条件突发性由弱 变强的过程有关,通常发育在水动力条件强弱变化 频繁且以水道为主的沉积环境中(图 3D),位于进 积型水道化砂、砾岩体的底部,冲刷面上部的岩石 粒度明显粗于下部,或含有来自下伏层的泥砾或 炭屑。 (4) 重力流沉积构造

定边-吴起地区长6油层组重力流沉积构造非 常丰富,包括滑塌包卷层理和滑动截切构造,砂球 和重荷模构造,由滑塌产生的撕裂状泥砾(图3F)和 微型正断层构造,均是识别重力流流沉积的重要 标志。



图 3 研究区主要沉积构造类型

## A 块状层理; B 槽状交错层理; C 砂纹层理; D 底部冲刷面; E 滑塌变形构造; F 砂质碎屑流

Fig. 3 Sedimentary structures observed in the study area

A. Massive bedding; B. Trough cross-bedding; C. Ripple lamination; D. Basal scour surface; E. Slump deformational structures; F. Sandy debris flow

# 1.4 粒度特征

在研究区最为常见的是两段式曲线,主要由跳 跃和悬浮总体组成。跳跃总体在斜率 50°~60°之 间,分选中等,悬浮总体含量 < 5%,斜率普遍小于 10°,分选差,细截点的变化区间在0.5~3φ之间,反 映了牵引流沉积特征,水动力强度较大且稳定,一 般为水流强度大的水下分流河道的代表(图4)。通 过岩心观察,发现研究区内的沉积序列主要为由下 至上变细的沉积序列(图5),代表了三角洲水下分 支河道沉积。

### 1.5 测井相特征

不同沉积微相的测井响应具明显的差异性。 通过对研究区不同沉积微相测井响应关系的分析, 总结出了研究区不同沉积微相的测井响应特征。 通过对研究区不同沉积微相测井响应关系的分析, 总结出了定边-吴起地区长6不同沉积微相的测井 响应特征。 研究区长6段GR曲线多呈现箱形、钟形、漏斗 形及其复合型,是三角洲沉积体系中最为常见的 GR曲线形态。箱形或钟形代表水下分流河道砂体 沉积漏斗形代表水下河口坝,泥质含量高而平直 者为支流间湾。

# 2 沉积相类型

通过以上沉积特征分析认为,定边-吴起地区长 6油层组属于辫状河三角洲-湖泊相沉积体系,以三 角洲前缘亚相为主,其次为三角洲平原和湖泊相 沉积。

# 2.1 三角洲平原各微相沉积特征

(1) 分流河道微相

分流河道微相构成三角洲平原亚相的沉积骨架 本区分流河道砂体以浅灰色、灰色中-细粒砂岩、粉细砂岩为主 ,垂向上多表现为多层正韵律砂体的复合叠加 ,向上粒度由粗变细的正粒序结构; 砂体







#### 图 5 向上变细的沉积序列 峰 14 长 6,

Fig. 5 Fining-upward depositional sequences of the Chang-6<sub>1</sub> oil reservoirs



#### 图 6 研究区沉积微相测井曲线特征

A 分流间湾呈微齿化; B 河口砂坝呈漏斗状; C 水下分流河道呈钟形; D 分流河道呈钟形 + 箱形; E 水下分流河道呈齿化箱形; F 河口沙坝呈 钟形

Fig. 6 Well logs for the sedimentary microfacies in the study area

A. Slightly tooth-shaped well logs for the interdistributary bay microfacies; B. Funnel-shaped well logs for the channel mouth bar microfacies; C. Bell-shaped well logs for the subaqueous distributary channel microfacies; D. Bell-box well logs for the distributary channel microfacies; F. Bell-shaped well logs for the subaqueous distributary channel microfacies; F. Bell-shaped well logs for the channel mouth bar microfacies

表1 定边-吴起地区三叠系长6油层组沉积相划分

Table 1	Division	of 1	the	sedimentary	facies	in	the	Chang-6	oil	reservoirs
									~	

相	亚相	微相
三角洲	三角洲平原	分流河道、河道间洼地、河道侧缘
	三角洲前缘	水下分流河道、分流间湾、河道侧缘、河口沙坝
湖泊	半深湖深湖	半深湖 <del>-深</del> 湖泥、砂质碎屑流、浊流、滑塌

#### (2) 河道侧缘微相

此种微相主要发育于分支河道两侧,尤其在曲流河河道的凹岸更为发育,主要成分为粉砂岩、粉砂质泥岩与泥岩薄层的互层,略具向上变细变薄的粒序性。层内主要发育砂纹层理,波状层理和水平层理,且可生物钻孔比较发育。

(3) 河道间洼地微相

河道间洼地微相是三角洲平原各微相中比较 发育的一种微相,在工区内主要为河漫沼泽,其中 主要发育一些深灰色、灰色、灰黑色的泥岩、粉砂质 泥岩、炭质泥岩,厚度变化比较大。以水平层理为 主要沉积构造。含有大量炭化植物碎屑,同时发育 生物钻孔与生物扰动构造。

#### 2.2 三角洲前缘各沉积微相特征

(1) 水下分流河道微相

水下分流河道是分支河道水下的延伸部分,当 它向水下延伸时河道变宽,但沉积厚度减小,分叉 增多,堆积速度增加。主要由细砂岩及粉砂岩组 成,颜色以灰白色、灰绿色为主,泥质含量少。河道 中可见大量的交错层理,波状层理及其冲刷、充填 构造,并局部可见层内的变形构造。相对于分流河 道微相来说其沉积构造规模明显变小,砂岩粒度也 变细,与三角洲前缘河口坝密切共生。粒度分布特 征与三角洲平原分流河道相似,以跳跃总体发育为 特征。测井曲线特征与三角洲平原分流河道相似, 以钟形、齿状钟形或箱形自然电位曲线和自然伽玛 曲线为主。

(2) 水下天然堤微相

此微相是陆上天然堤在水下的延伸部分,在水 下分支河道两侧发育。沉积特征与水上天然堤相 似。沉积物为极细的的砂和粉砂。层理主要为流 水成因的波状层理及与波浪共同作用形成的复杂 交错层理。此外,该微相含有一些生物钻孔、包卷 层理等构造,并可见植物碎屑。其电性特征为河道 砂体上部连续变细的钟形曲线细尾部分,很少单独 出现。

#### (3) 分流间湾微相

该微相主要为深灰色泥岩沉积,含有少量的粉 砂或细砂,表现为泥岩夹薄层的砂岩。发育透镜状 层理、水平层理及脉状层理,可见浪成波痕和植物 碎屑等,生物钻孔较为发育。测井曲线上表现为微 齿化或平滑的曲线,曲线异常幅度极低或无异常。

(4)河口砂坝微相

河口砂坝是三角洲前缘亚相中最为典型的沉 积微相,位于水下分支河道的河口处,由于沉积速 率较大,砂质较纯而且分选性较好,主要为一些细 砂和粉砂组成。砂岩的分选、磨圆较好,沉积构造 主要为板状交错层理、粒序层理、平行层理、砂纹层 理等,亦见冲洗层理,剖面结构特征表现为向上变 粗的逆粒序;一般水下分流河道与河口砂坝沉积相 伴产出,反映了由于湖平面的变化,引起三角洲前 缘的进积与退积作用。其电测曲线特征为:单个河 口砂坝以微齿或光滑的漏斗形或指形为主,或漏斗 形一箱形的复合型,由多个河口砂坝砂体叠加而形 成台阶状漏斗形和箱形+漏斗形复合体。

# 2.3 半深湖-深湖各沉积微相特征

(1) 半深湖-深湖泥微相

在湖泊靠近三角洲前缘一侧发育着一套细粒 沉积物一半深湖泥,主要由深灰色、灰黑色泥岩及 粉砂质泥岩(图 2E)组成,可见水平层理。在测井 曲线上易于识别,伽马曲线高值,自然电位曲线平 直光滑。靠近湖中心的深湖泥微相形成于浪基面 以下水体较深部位,处于缺氧的还原环境,常为有 机质丰富的暗色、灰黑色泥岩,电测曲线呈平直状。

#### (2) 砂质碎屑流沉积微相

砂质碎屑流沉积微相在研究区深湖亚相中相 当发育,是一种非常重要的储集层。研究区的砂质 碎屑流沉积由灰色、褐灰色块状细砂岩构成,此类 砂岩不发育任何层理,砂质较纯,无粒序变化,层内 可见漂浮的泥砾、不规则分布的板条状泥质撕裂屑 和植物叶片等。测井曲线呈现箱型和钟型。

(3) 浊流沉积微相

浊流沉积为灰色、褐灰色厚层细砂岩夹黑色泥岩、灰黑色粉砂质泥岩及泥质粉砂岩,一般多夹于深水泥岩中常见的沉积构造有:粒度递变层理、底模构造(如槽模、沟模、重荷模及火焰构造等)。浊流沉积自然伽马曲线为中-高幅,一般呈钟形,电阻率为高值。

# (4) 滑塌沉积微相

滑塌沉积以暗色泥岩、灰黑色泥质粉砂岩以及 粉砂质泥岩为主。由于沉积物滑动除使沉积物扭 曲变形外,还能导致块体的破裂、搬运并产生不同 类型的堆积,变形层理十分发育。自然电位曲线平 直,电阻率低值,伽马值一般较高。

# 3 沉积微相平面展布特征

三叠系延长组长 6 沉积时期,鄂尔多斯盆地进 入湖盆由最大范围(长 7 时期)开始收缩的时期,为 盆地三角洲的主要建设时期。研究区位于盆地的 中西部地区,处于河流三角洲向半深湖过渡的沉积 环境,沉积微相主要为水下分流河道,其次为分流 间湾与河口坝,局部地区发育水下决口扇和水下天 然堤。沉积微相在平面上大体呈北西-南东及北东-南西两个方向,多期的水下分流河道砂体相互叠 置,在平面及纵向上形成规模较大的砂体。

长 6<sub>3</sub> 时期,研究区砂体沿北西-南东及北东-南 西两个方向呈条带状展布,分流间湾比较发育,水 下分流河道由北向南数目逐渐增多,规模逐渐变 小,至最南部半深湖区砂体规模有少许增大,是湖 底的砂质碎屑流及南部物源供给所造成(图7)。区 块内主要发育三角洲前缘及半深湖亚相,湖岸线最 远达到盆地中部冯地坑地区,三角洲平原亚相基本 不发育,西北部召皇庙附近为三角洲平原亚相的边界。



图7 长63 沉积微相展布图

Fig. 7 Distribution of the sedimentary microfacies in the Chang-  $\mathbf{6}_3$  oil reservoirs

长 6<sub>2</sub> 时期,砂体展布方向继承了长 6<sub>3</sub> 时期的 特征相比长 6<sub>3</sub> 时期而言,分流河道更为发育,在研 究区中部相互叠置,形成砂体的大面积展布。北部 三角洲平原亚相的面积有所扩大,南部湖岸线向南 推移(图 8),整体是一个湖退的过程。



图 8 长 62 沉积微相展布图

Fig. 8 Distribution of the sedimentary microfacies in the Chang-6<sub>2</sub> oil reservoirs



图 9 长 61 沉积微相展布图

Fig. 9 Distribution of the sedimentary microfacies in the Chang-61 oil reservoirs

长 6,时期,北部三角洲平原亚相向南扩大,边 界至定边与安边附近,三角洲平原及前缘中的河道 砂体叠置更加强烈,中部地区厚砂体大面积连片展 布(图9)。南部的湖相沉积范围继续萎缩,湖岸线 向南移动至耿湾附近,整体表现为三角洲向南推进 的逐渐湖退过程。

# 4 结论

鄂尔多斯盆地定边-吴起地区长6油层组受北 东和北西两个方向的物源控制,发育一套灰色、浅 灰色细粒长石砂岩和岩屑长石砂岩,岩石的成分成 熟度低。原生的层理构造主要有平行层理、槽状交 错层理、板状交错层理、砂纹层理及水平层理;同生 变形构造有滑塌变形构造、包卷层理、砂枕或砂球 构造。底冲刷及重力流沉积构造均较发育。岩心 观察中发现大量的植物碎屑及化石,同时伴有湖相 介形虫化石的存在。在粒度分析上多表现为两段 式、垂向上为向上变细的序列。砂岩段自然伽马曲 线以钟形、箱形或者复合型为主。以上特征表明研 究区为三角洲向湖泊过渡的沉积环境,发育三角洲 平原、三角洲前缘及半深湖-深湖亚相。

#### 参考文献:

- [1] 赵俊兴 陈洪德 /付锁堂 /等.鄂尔多斯盆地南部延长组中几个 重要事件沉积及其油气聚集关系[J].矿物岩石 2008 28(3): 90-94.
- [2] 赵宏波. 姬塬油田长 61 油层组沉积相分析 [J]. 石油化工应 用 2011,11(4):43-46.
- [3] 曾少华. 陕北三叠系延长统湖盆三角洲沉积模式的建立[J]. 石油与天然气地质,1992,13(2):230-235.
- [4] 赵俊兴,李凤杰.鄂尔多斯盆地南部长6和长7油层浊流事件 的沉积特征及发育模式[J].石油学报 2008 5(3):389-394.
- [5] 何自新.鄂尔多斯盆地演化与油气[M].北京:石油工业出版 社 2003.110-117 348-349.
- [6] 赵虹 李文厚. 安塞地区延长组沉积微相研究[J]. 天然气地球 科学 2004 ,15(5):492-497.
- [7] 付金华 郭正权. 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.
- [8] 梅志超 彭荣华 杨华 等. 陕北上三叠统延长组含油砂体的沉积环境[J]. 石油与天然气地质, 1988 9(3): 261 268.
- [9] 李思田 程守田 杨士恭 等.鄂尔多斯盆地东北部层序地层沉积体系分析[M].北京:地质出版社,1992.

# Sedimentary facies of the Chang-6 oil reservoirs in the Dingbian-Wuqi region , Ordos Basin

LIU Jun<sup>1,2</sup>, LUO Shun-she<sup>1</sup>, TIAN Qing-hua<sup>1</sup>, DENG Hong-mei<sup>2</sup>

(1. School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan 430100, Hubei, China; 2. Changqing Oil Field Company, PetroChina, Xi'an 710000, Shaanxi, China)

**Abstract**: The integration of the petrology, colour, sedimentary structures, organic fossils and granulometric analysis shows that the Chang-6 oil reservoirs in the Dingbian–Wuqi region, Ordos Basin are assigned to the braided delta-lacustrine deposits which may be grouped into the delta plain, delta front and abyssal to bathyal lake subfacies. The sediment sources dominantly come from the northwest and northeast of the Basin. In a plan view, there are two subaqueous distributary channels oriented NE to SW and NW to SE, respectively. From Chang-6<sub>3</sub> to Chang-6<sub>1</sub>, the study area displays a depositional pattern of lake regression, including southward migration of the lake strandline, the gradual decrease of the abyssal to bathyal lake area, and the increase of the northern delta plain area.

Key words: Ordos Basin; Chang-6 oil reservoirs; sedimentary facies; delta depositional system