

文章编号:1000-0550(2001)03-0386-08

胜利油区孤岛油田馆上段沉积模式研究

李双应¹ 李忠² 王忠诚² 刘建民³ 吴朝东⁴ 李翔²

1(合肥工业大学资源与环境科学系 合肥 230009) 2(中国科学院地质研究所 北京 100029)

3(胜利石油管理局 山东东营 257001) 4(北京大学地质学系 北京 100871)

摘要 根据结构单元、岩石粒度分析、河流形态参数等特征,对比 Miall 的 16 种河流分类方案,胜利油区孤岛油田馆上段属于细粒曲流河沉积。其中洪泛平原细粒(FP)、决口扇(CS)和侧向加积砂坝(LA)结构单元发育,其次是天然堤(LV)和决口水道(CR)结构单元。河流曲率 P 大于 2.2,河道宽度 100~300 m,河流曲率波长 1 000~1 770 m。河流可能临近河口湾,海平面的波动影响着砂体的发育。

关键词 结构单元 细粒曲流河 馆上段 孤岛油田

第一作者简介 李双应 男 1956 年出生 在职博士研究生 副教授 沉积学

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 引言

胜利油区上第三系馆陶组地层发育,为一套砂砾岩、泥岩互层。其中馆陶组上段(Upper Member of Guantao Formation,简称 UMGF)砂岩是胜利油区的主要储油岩之一,目前它拥有全区 1/4 以上的探明储量。所以馆上段(UMGF)沉积学研究也一直是人们热衷的课题。

胜利油区馆上段沉积模式,已经进行了多年的研究,其认识可以归纳为:①馆上段属于河流相沉积。②研究者均采用辫状河、网状河和曲流河三种类型的河流分类。③研究者均通过沉积微相的分析方法,确定河流的沉积模式。④对于馆上段 1~6 砂层组,是属于哪种类型的河流,却似乎莫衷一是。或者认为胜利油区馆上段下部或为辫状河沉积或为网状河沉积,馆上段中、上部为曲流河沉积^[1];或者认为孤岛油田馆上段馆 3~4 砂层组为曲流河沉积,而 5~6 砂层组为网状河^[2];或者认为孤岛油田馆上段 6~5 砂层组为辫状河,馆上段 4~1+2 砂层组为曲流河沉积^[3]等等。

本次研究根据 Miall^[4,5,6]的结构单元分析法(Architectural-Element Analysis),以结构单元分析为基础,结合岩石粒度分析、河流形态特征等因素,参照 Miall 河流分类方案^[6],研究了孤岛油田馆上段 5~1+2 砂层组的河流沉积模式。

2 区域地质背景

胜利油区的地层可分为上、下两部分,前第三纪地

层统称为基底岩系,第三纪地层称之为盖层。下第三系由孔店组、沙河街组和东营组组成。上第三系包括馆陶组和明化镇组。馆陶组与下伏地层为区域性不整合接触,分为上、下两个岩性段,为陆源砂岩、泥岩和砾岩,厚度变化较大,从几十米到千米以上。

馆陶组底为中新统底界,相当于 24.6 Ma。馆陶组顶部在胜利油区则位于中新统之上部 11Ma^[1]。因此,胜利油区馆陶组大致延续 13.6 Ma±,其中馆上段的时限为 5.2 Ma±。

孤岛油田位于沾化凹陷东部(图 1)。馆上段为砂、泥岩互层,砂岩以细砂为主,厚约 230~250 m,自上而下分为 6 个砂层组,即馆 1+2~6 砂层组,在全区有良好的可对比性^[1]。

3 岩相类型

孤岛油田馆上段岩石类型比较简单,主要是细粒碎屑岩,少量砾岩。进一步可分为砾岩、砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和泥岩。根据岩石的结构、沉积构造等特征把孤岛油田馆上段岩相细分为以下 11 种类型(表 1)。

4 结构单元

4.1 结构单元类型

孤岛油田馆上段 5~1+2 砂层组结构单元研究已有专文报道(李双应等,待刊)。根据其结果,简述如下。

表1 孤岛油田馆上段岩相类型
Table 1 Facies classification of UMGF in Gudao oilfield

| 岩相代号 | 岩相类型 | 沉积构造 | 成因解释 |
|------|---------------------|--------------------------|------------|
| Gm | 灰褐色、棕褐色砾岩, 细粒结构 | 弱的水平层理、块状构造 | 滞流沉积、冲槽充填 |
| St | 棕褐色砂岩, 中—细粒结构, 局部含砾 | 槽状层理 | 边滩和缺口扇 |
| Sm | 棕褐色砂岩, 细—中粒结构, 局部含砾 | 块状构造 | 沉积重力流, 低流态 |
| Sl | 棕褐色砂岩, 细粒结构 | 低角度斜层理 | 缺口扇 |
| Ss | (含)泥砾砂岩, 不等粒结构 | 冲刷构造 | 冲槽充填 |
| Sh | 深灰色、棕褐色砂岩, 细粒结构 | 水平纹层, 云母片及植物碎片 | 面状层流 |
| Sp | 棕褐色砂岩, 细粒结构 | 低角度板状交错层理 | 横向和舌型沙丘 |
| Sr | 棕褐色砂岩, 细粒结构 | 波状交错层理, 含植物碎片 | 波痕, 低流态 |
| Fl | 灰色、棕褐色粉砂岩、含泥粉砂岩 | 水平纹层、小型楔状交错层理, 含粗粉砂和泥质条带 | 天然堤等越岸沉积 |
| Fsm | 泥质粉砂岩、粉砂质泥岩 | 植物碎片、云母片及黄铁矿结核发育 | 洪泛平原细粒沉积 |
| Fm | 灰色、灰绿色泥岩、棕红色泥岩、 | 块状、疙瘩状, 镜面发育 | 洪泛平原细粒沉积 |

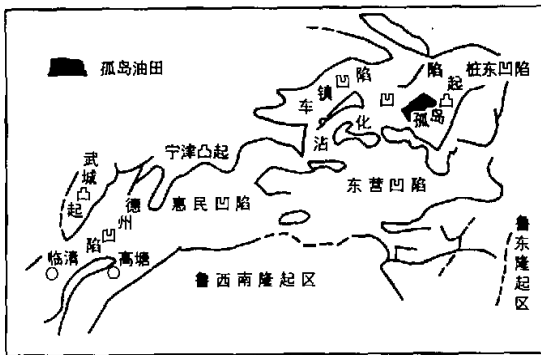


图1 胜利油区构造及研究区位置图

Fig. 1 Location map of the study area and tectonics of the Shengli Petroleum Province

馆上段 5~1+2 砂层组中划分出河道滞流沉积 (CHL)、侧向加积砂坝 (LA)、天然堤 (LV)、缺口扇 (CS)、缺口水道 (CR) 和洪泛平原细粒 (FF) 6 个结构单元 (表 2)。

4.2 结构单元特征

4.2.1 河道滞流沉积 (CHL)

呈透镜状或条带状, 厚度不大, 一般小于 1m。主要由岩相 Gm 组成。以泥砾岩为主, 其次是砂质砾岩。砾石含量变化较大, 30%~70%, 砂泥质含量较高。滞流沉积物中沉积构造不发育, 砾岩中常常显示块状构造, 当砂、泥含量增多时, 显示出槽状和楔型交错层理。滞留沉积位于河道沉积的最低部, 底部冲刷现象十分明显, 其下均发育有起伏不平的冲刷面。底部被 5 级界面所限定。

河道滞流沉积分布局限。

4.2.2 侧向加积砂坝 (LA)

侧向加积砂坝也称为侧向加积沉积物或侧向增生底形。实际上它相当于曲流河的点沙坝 (边滩)。

研究区侧向加积砂坝见于馆 5、馆 4 和馆 3 砂层组。由岩相 St、Sp、Sl、Sr、Ss、Sh 和 Fl 组成。粒度中值 0.13~0.25 mm。

侧向加积砂坝发育有多种底形, 下部有槽状层理、

表2 孤岛油田馆上段沉积结构单元
Table 2 Architectural elements in UMGF in Gudao oilfield

| 结构单元 | 符号 | 岩相 | 几何学特征 | 解释 |
|--------|-----|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 河道滞流沉积 | CHL | Gm, Ss(Srn) | 指状、透镜状, 厚 0.6m (0.3~0.8) | 河道充填沉积 |
| 侧向加积砂坝 | LA | St, Ss, Sp, Sr, Sh, Fl, | 透镜状、楔状, 厚 6.2m (3~12) | 河道迁移侧向加积 |
| 天然堤 | LV | Fl, Fsm | 带状, 厚 2.6m (1.8~3.8) | 越岸溢流 |
| 决口水道 | CR | Ss, Sh, Sl | 透镜状、带状, 厚 3.6m (2~5.6) | 主干河道边缘的裂缝 |
| 决口扇 | CS | Ss, Sl, Sr, Sh Fl, Fsm | 透镜状、楔状, 厚 5.9m(2~12) | 从决口水道进入洪 泛平原细粒类似于 三角洲的加积 |
| 洪泛平原细粒 | FF | Fm, Fsm | 板状、席状, 厚 7m(2~24) | 越岸席状流沉积物, 洪泛平原池塘和沼泽 |

水平层理和板状层理等;向上发育有斜层理、波痕层理和平行层理等。反映流态自下而上变小的趋势。3级界面发育,顶部具泥披,底部具泥砾。多呈楔状和席状,厚3~12 m,平均厚6.2 m。这一厚度大致与河流深度相当。密西西比河点砂坝厚20~25 m,尼日尔河点砂坝厚10~15 m,布腊索斯河点砂坝厚15~20 m,而对于较小的河流,点砂坝沉积物的厚度一般为1~3 m^[7]。因此,与其它河流相比,孤岛油田馆上段5~1+2砂层组应属于一条中等河流沉积。侧向加积砂坝顶部常被4级界面所限定。

4.2.3 天然堤(LV)

馆上段天然堤发育,主要由岩相Fl组成。天然堤的砂岩粒度分析表明,其概率累积曲线比较特征。分选系数 S_o 为2.4(1.7~3.2),明显高于侧向加积砂坝和决口扇,表明分选较差。天然堤结构单元中植物碎片、炭质膜和云母片常见。发育有水平层理和波状层理等。

馆上段天然堤结构单元厚度不大,1.8~3.8 m,平均厚2.6 m。由渐渐变细的楔状体组成,远离河道越薄越细。

4.2.4 决口水道(CR)

决口水道结构单元的规模取决于河流的大小,从深不到1 m到5~6 m,宽几十米到几百米。这些水道切割天然堤和其后的沼泽沉积,典型的形成如同小三角洲一样的分布系统,远离主河道会变得更浅。

馆上段决口水道不甚发育,仅见于馆4、馆5砂层组,由岩相St、Sr、Ss等组成。粒度比决口扇稍粗,具

槽状和波状交错层理,内部冲槽常见。砂体呈带状,底部常含有砾质砂岩的滞流沉积。决口水道的界面被4级界面所限定。

4.2.5 决口扇(CS)

孤岛油田馆上段决口扇发育,是第2大的结构单元,约占剖面的20%,见于馆上段馆5~1+2诸砂层组,由岩相St、Sr及Fl等组成。砂岩中值0.13~0.25 mm。分选系数 S_o 为1.5(1.2~1.8),大于侧向加积砂坝的1.36而远小于天然堤的2.4。表明决口扇结构单元沉积物的分选性要略逊于侧向加积砂坝而比天然堤好得多。

沉积构造比较复杂多变,小波状痕层理、爬升层理、槽状及板状交错层理均有发育,冲刷充填构造经常可见。其沉积组合是以薄层和内部非沉积面和小型侵蚀面为特征的3级界面发育。

决口扇结构单元一般呈透镜状,但可能有一些是呈席状。决口扇厚度变化较大,从2 m左右到11.8 m,平均5.9 m。较厚的扇体可能是多次的决口导致多个扇旋回叠加的结果,这反映在扇体中常夹有多层的粉砂质泥岩。决口扇被4级界面所限定。

4.2.6 洪泛平原(细粒)(FF)

洪泛平原细粒结构单元在孤岛油田馆上段广泛发育,大面积分布,是第1大结构单元。就中11-J11井和中12-J411井统计表明,洪泛平原细粒结构单元占剖面的45%。

该结构单元主要由岩相Fm组成,其次是Fsm以及少许Fl。粉砂质泥岩中植物碎片、炭质膜和云母片

都比较常见。泥岩中常常含有粘土,而使岩石变硬,镜面发育。在灰绿色泥岩中,有时可见黄铁矿结核和团块,说明是洪泛平原洼地上的还原环境。测井曲线形态以平直低幅为主。

洪泛平原细粒沉积物中主要发育的是块状层理和水平层理。该结构单元厚度变化较大,1.2~23.6 m,平均厚达7 m。其几何形态多呈板状和席状。

5 沉积模式研究

5.1 河流沉积模式的进展

众所周知,在以往的研究中,人们常常从地貌特征、河流形态、岩相特征的差别,区分出辫状河、网状河和曲流河三种河流类型。

近年来,人们对河流类型的划分有了进一步的发展。Rust把河流曲率与辫状参数结合起来划分出直

流河、辫状河、网状河和曲流河四种河流类型^[8]。钱宁把河流类型分为游荡型、弯曲型、顺直型和分汊型四种^[9]。王随继等分为辫状河、曲流河、分汊河、网状河和直流河五种类型^[10]。Miall则认为,以往的分类有点过于简单,难以反映较为复杂的现实世界中的河流类型。因此,Miall除了考虑通常因素外,还综合考虑载荷的成分,如砾石、砂和细粒的区别,气候的因素、植被的发育程度以及特征结构单元等,把河流分为16种类型^[6]。

5.2 砂体分布特征

孤岛油田馆上段砂岩厚度与地层厚度之比为约为0.46,总体上平均砂岩百分含量、砂层个数都是由下而上逐渐减少,砂层间泥质隔层厚度由下而上逐渐增大。

砂岩的单层厚度变化较大,0.1~8 m,但是,总体上,单层砂岩的厚度不大,平均单层砂岩的厚度在2.4

表3 孤岛油田馆上段砂层厚度分布

Table 3 Thickness of sandstone beds on UMGF in Gudao oilfield

| 钻孔 | 厚度/m | 砂层厚/m | 砂层数 | 平均砂层厚/m | 砂/地层 | 砂/泥 |
|----------|-------|-------|------|--------------|------|------|
| 中11-J11 | 146.8 | 55.3 | 27 | 2.0(5.0~0.1) | 0.38 | 0.65 |
| 中12-J411 | 106.8 | 42.6 | 25 | 1.7(4.2~0.2) | 0.41 | 0.61 |
| 西5-J142 | 36.5 | 25.7 | 17 | 1.5(4.0~0.1) | 0.70 | 2.37 |
| 中30-J18 | 80.1 | 40.9 | 15 | 2.7(8.0~0.6) | 0.51 | 1.04 |
| 孤东7-J1 | 56.0 | 31.2 | 8 | 3.9(8.0~1.3) | 0.56 | 1.27 |
| 平均 | 84.6 | 39.1 | 18.4 | 2.4 | 0.46 | 0.86 |

m左右(表3),反映曲流河特点。

5.3 砂岩粒度特征

孤岛油田馆上段砂岩为灰色、棕褐色,细粒结构,粒径一般为0.13~0.25 mm,部分较粗的可达0.5 mm。成分有石英、长石和岩屑。颗粒支撑,杂基含量小于10%。胶结疏松。根据Folk(1968)的砂岩分类,应为长石砂岩。本次研究选择了中11-J11井和中12-J411井,做了31个样品的粒度分析。砂岩中长石新鲜,几乎不见任何风化痕迹,石英没有次生加大现象,成岩作用对颗粒的影响完全可以忽略,进行粒度分析是合适的。

这些样品几乎囊括了馆上段5~1+2砂层组所有的砂层。结果表明,砂层的概率累积粒度曲线几乎完全由跳跃组分和悬浮组分组成,不具牵引总体。跳跃组分含量59%~91%,平均70%±,直线倾角59°~86°,斜率较高。悬浮组分含量40%~10%,平均30%±(表4)。分别反映了曲流河不同结构单元的粒度特征,而没有辫状河和网状河特征性单元心滩的粒度特征。

5.4 河流曲率P

河流曲率P是确定河流类型的一个重要参数。

根据Schumm的计算公式:

$$P = 3.5F^{-0.27}$$

$$F = 255M^{-1.06}$$

这里,P代表河流曲率,F代表河流的宽深比,M代表粉砂泥质的百分含量。表5、6、7显示,不论是单井或者是各个砂层组,曲率P几乎都大于2.2。如果根据Miall的标准, $P < 1.2$ 是低曲率, $1.2 < P < 1.5$ 是中等, $P > 1.5$ 是高曲率^[6],无疑,研究区馆上段5~1+2砂层组是高弯度曲流河。

Leeder指出,当河流曲率大于1.7时,满岸河道深度(h)和满岸河道宽度(w)的关系式为:

$$W = 6.8h^{1.54}$$

而Reineck等曾指出,河流深度可与点砂坝的厚度相等^[7]。根据孤岛油田点砂坝的平均厚度6.2 m(3~12 m),孤岛油田馆上段河流的平均宽度为113 m,最宽可达300 m以上。这与李兴国等计算的3~4砂层组河道宽约100 m,5~6砂层组河道宽约260 m比

表4 孤岛油田中12-J411井砂岩粒度分析特征值
Table 4 Characteristic values of sandstone grain size analysis
of Middle12-J411 well in Gudao oilfield

| 层段 | 样品编号 | 直线斜角 | 跳跃组 分含量 | 细截点 | 悬浮倾角 | 分选系数 So | 环境解释 |
|-------------------|------|------|------------|------------|------|------------|------|
| Ng ₁₊₂ | 001 | 75° | 34% | 2.6 ϕ | 36° | 2.65 | 天然堤 |
| | 013 | 75° | 62% | 2.2 ϕ | 32° | 1.72 | 天然堤 |
| | 021 | 71° | 70% | 2.8 ϕ | 32° | 1.48 | 决口扇 |
| Ng ₃ | 045 | 76° | 66% | 3.0 ϕ | 25° | 1.57 | 点砂坝 |
| | 153 | 75° | 52% | 3.4 ϕ | 40° | 1.81 | 决口扇 |
| | 205 | 78° | 76% | 2.7 ϕ | 20° | 1.26 | 点砂坝 |
| | 207 | 76° | 55% | 2.0 ϕ | 33° | 1.76 | 决口扇 |
| Ng ₄ | 239 | 76° | 70% | 2.7 ϕ | 32° | 1.36 | 决口扇 |
| | 251 | 69° | 57% | 3.6 ϕ | 38° | 1.79 | 决口扇 |
| | 281 | 74° | 75% | 3.6 ϕ | 35° | 1.33 | 决口扇 |
| | 325 | 75° | 76% | 3.5 ϕ | 34° | 1.31 | 决口扇 |
| Ng ₅ | 411 | 66° | 85% | 2.3 ϕ | 28° | 1.41 | 点砂坝 |
| | 419 | 65° | 87% | 2.3 ϕ | 28° | 1.42 | 点砂坝 |
| | 425 | 64° | 32% | 2.6 ϕ | 30° | 3.2 | 天然堤 |
| | 451 | 75° | 60% | 2.8 ϕ | 31° | 1.80 | 决口扇 |
| | 471 | 59° | 60% | 3.7 ϕ | 32° | 2.17 | 天然堤 |
| | 491 | 75° | 78% | 2.6 ϕ | 27° | 1.32 | 点砂坝 |

表5 孤岛油田馆上段河流曲率(P)

Table 5 Channel sinuosity (P) of UMGF in Gudao oilfield

| 钻孔 | 地层厚度/m | 砂层厚度/m | 砂/地层 | $F=255M^{-1.08}$ | $P=3.5F^{-0.27}$ |
|----------|--------|--------|------|------------------|------------------|
| 中11-J11 | 146.7 | 55.3 | 0.38 | 2.96 | 2.61 |
| 中12-J411 | 106.8 | 42.6 | 0.40 | 3.12 | 2.57 |
| 西5-J142 | 36.5 | 25.7 | 0.70 | 2.59 | 2.11 |
| 中30-J18 | 80.1 | 40.9 | 0.51 | 3.81 | 2.44 |
| 孤东7-J1 | 56.0 | 31.2 | 0.56 | 4.28 | 2.36 |
| 平均 | 85.2 | 39.1 | 0.46 | 3.43 | 2.51 |

表6 孤岛油田中11-J11井馆上段河流曲率(P)

Table 6 Channel sinuosity (P) of UMGF in Middle11-J11 well in Gudao oilfield

| 砂层组 | 厚度/m | 砂体厚/m | 砂体/砂层组 | $F=255M^{-1.08}$ | $P=3.5F^{-0.27}$ |
|--------|------|-------|--------|------------------|------------------|
| I + II | 18.7 | 0.5 | 0.03 | 1.82 | 2.98 |
| III | 36.1 | 13.5 | 0.37 | 2.91 | 2.62 |
| IV | 21.5 | 3.2 | 0.15 | 2.10 | 2.86 |
| V | 60.4 | 21.9 | 0.43 | 3.24 | 2.55 |

表7 孤岛油田中12-J411井馆上段河流曲率(P)

Table 7 Channel sinuosity (P) of UMGF in Middle12-J411 well in Gudao oilfield

| 砂层组 | 厚度/m | 砂体厚/m | 砂体/砂层组 | $F = 255M^{-1.06}$ | $P = 3.5F^{-0.27}$ |
|--------|------|-------|--------|--------------------|--------------------|
| I + II | 8.9 | 3.1 | 0.35 | 2.81 | 2.65 |
| III | 35.4 | 23.5 | 0.66 | 5.66 | 2.19 |
| IV | 24.3 | 7.5 | 0.31 | 2.63 | 2.69 |
| V | 38.2 | 15.3 | 0.40 | 3.06 | 2.59 |

较接近^[2]。Schumm(1972)给出河流曲率波长公式为:

$$L = 18(F^{0.53}W^{0.69})$$

计算得到孤岛油田馆上段河流曲率波长为1 000 m左右,最大为1 770 m。

5.5 河流沉积模式

综合以上论述,研究区馆上段5~1+2砂层组沉积具有如下特征:

(1) 沉积物粒度偏细,粉砂岩和泥岩十分发育,而砂岩中则以细砂岩为主,中、粗砂岩少见,砾岩仅非常局部地分布于旋回的底部。

(2) 砂岩粒度分析表明,缺乏牵引载荷,沉积物主要是以跳跃和悬浮方式进行搬运。

(3) 河流曲率P大于2.2,属于高弯度曲流河。

(4) 辫状参数是指河流一个曲率长度中砂坝或岛的个数(Rust)^[8]。Miall将辫状参数定为<1为低值,1~3为中等,>3为高值^[6]。根据上述数据分析,河流辫状参数应<1。

(5) 主要结构单元是FF、CS、LA、LV和CR,而CH发育局限。因此,对比Miall的河流分类,孤岛油田馆上段5~1+2砂层组属于细粒曲流河(表8,图2)。

孤岛油田馆上段沉积时期,坡降越来越小,碎屑物供应越来越少,沉积速率相对变小。因而以细粒高弯度曲流河沉积为主。

细粒曲流河的总体形态类似于砂床曲流河,不同之处在于前者为细粒沉积物载荷(细砂、粉砂、泥)。点砂坝加积面的倾角陡(直到25°),而且砂体形态比较

表8 孤岛油田馆上段与不同类型河流特征比较

Table 8 Characteristic correlation between UMGF in Gudao oilfield and various fluvial styles

| 河流类型 | 弯曲度(P)* | 辫状参数 | 沉积物类型 | 特征结构单元 | 资料来源 |
|---------------|---------|------|---------|-----------------------------|------------|
| 砂质曲流河 | 高 | 低 | 砂,少量细粒 | LA,SB,FF,LV,CR,CS,FF(CH) ** | Miall,1996 |
| 季节性砂质曲流河 | 高 | 低 | 砂,少量细粒 | LA,SB(FF) | |
| 细粒曲流河 | 高 | 低 | 细砂,粉砂,泥 | LA,SB,FF,LV,CR,CS,FF(CH) | |
| 网状河 | 低—高 | 高 | 砂,细粒 | SB,CH(LA),FF,LV,CR,CS | |
| 浅的常年性辫状河 | 低—中 | 高 | 砂 | SB(FF) | |
| 深的常年性辫状河 | 低—中 | 中—高 | 砂,少量细粒 | DA,LA,SB,(FF) | |
| 孤岛油田馆5~1+2砂层组 | 高(>2.2) | 低 | 细砂,粉砂,泥 | LA,FF,LV,CR,CS | |

* 低:P<1.2;中:P 1.2~1.5;高:P>1.5(据 Miall,1996)^[6]

** 括弧中的结构单元是次要组分

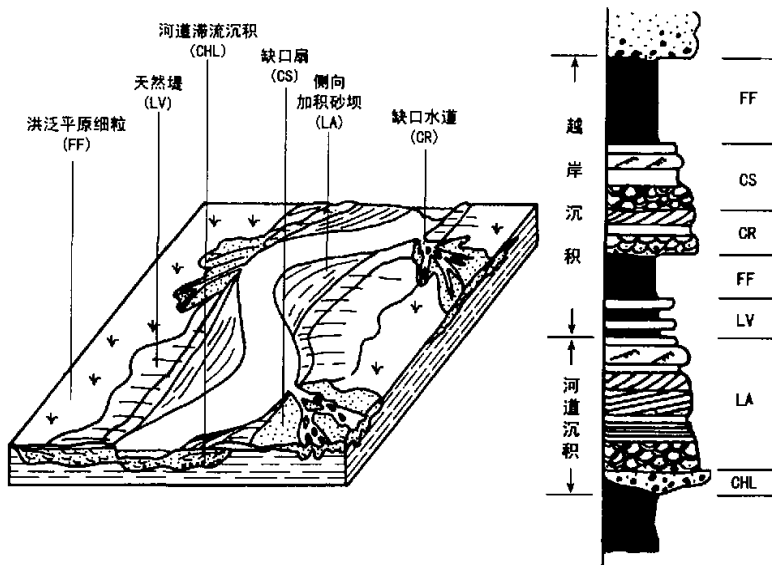


图 2 孤岛油田馆上段细粒曲流河沉积模式图

Fig. 2 Depositional model of fine-grained meandering stream of UMGF in Gudao oilfield

简单,典型的是板状、带状或为层状。波状纹理是最常见的底形(岩相 Sr),滞流砾岩和具交错层理的中到粗粒砂岩呈现在点砂坝的底部(典型岩相 St)。往上颗粒变细层变薄。厚的细粒洪泛平原发育,其中决口水道和缺口扇比较常见。这种河流是一种低能的近河口湾环境。分米到厘米级的砂—泥层偶常在点砂坝上形成。最底部为一个非常清晰的冲刷侵蚀面,直接覆盖在侵蚀面上的是河道底部砾岩、含砾砂岩,其中含砾砾、岩块等滞留沉积,与下伏泥岩呈突变接触,由结构单元 CHL 组成,厚度不到 1 m,分布局限。向上过渡为发育有各种交错层理的点砂坝,即结构单元 LA,主要组成为砂岩,粒度和砂层呈向上变细变薄的特点。再向上过渡为以粉砂为主的天然堤。河道底部滞留沉积和边滩沉积均为河道侧向迁移时侧向加积产物。天然堤既有侧向加积,也有垂向加积。天然堤沉积之上主要是以垂向加积形成的洪泛平原,沉积物以粉砂质泥岩和泥岩为主,其中常夹有多层决口扇、决口水道砂质层,它们构成细粒曲流河层序的上部单元。细粒曲流河的上部单元发育,仅据中 11-J11 井和中 12-J411 井统计,上部单元占剖面的 70%(图 2)。

细粒曲流河的沉积砂体主要由决口扇、点砂坝和决口水道组成,厚度多为 5~10m,宽度一般为 1 500~2 500 m,宽厚比:150~500。它们是主要的油气富集体。另外,还发育着天然堤上的砂岩,主要是粉细砂岩,单层厚度小,一般小于 3m,泥质含量高,常与泥岩间互或夹在厚泥岩之中,含油气性差。

剖析中 11-J11 井和中 12-J411 井,馆上段细粒曲流河一个完整的河流单元厚约 25m,根据馆上段地层厚 230~250 m,大约相当于 10 个旋回。而馆上段持续的时间 5.2 Ma,则每个旋回持续的时间约为 0.5 Ma,这大约相当于层序地层学中的 4 级旋回(0.2~0.5 Ma, Miall),这种旋回是由于大陆冰原的生长和消亡、三角洲的生长和废弃引起的全球海平面快速波动。

细粒曲流河常常临近河口湾,受海平面波动的影响比受构造运动的影响更直接也更频繁。海平面的波动直接控制了河流侵蚀基准面的升降。这同样也可能解释了为什么馆上段的分米级和厘米级的砂泥层偶比较发育,而且它们可以形成厚达 10 m 以上倾斜异粒层(IHS)^[6]。

6 结论

在把 Miall 的结构单元分析法应用于胜利油区孤岛油田馆上段馆 5~1+2 砂层组沉积研究的基础上,结合砂岩的粒度分析、河流形态参数等特征的分析,得到如下结论:

(1) 孤岛油田馆上段馆 5~1+2 砂层组为细粒曲流河沉积。曲率在 2.2 以上,河道宽度 100~300 m,河流曲率波长 1 000~1 770 m。

(2) 主要结构单元是侧向加积砂坝(LA)、天然堤(LV)、决口扇(CS)、决口水道(CR)和洪泛平原细粒(FF)。其中洪泛平原细粒(FF)、决口扇(CS)和侧向加积砂坝(LA)结构单元最为发育,其次是天然堤

(LV)和决口水道(CR)结构单元,而河道滞流沉积(CHL)结构单元则不甚发育。

(3) 河流单元厚度约为25 m左右,持续时间为0.5 Ma,这可能受控于因为全球海平面快速波动而导致的层序地层学中的4级旋回(0.2~0.5 Ma, Miall)^[11]。而且河流可能临近河口湾,海平面的波动影响着砂体的发育。馆上段沉积旋回及其控制因素的认识将有助于研究区乃至整个胜利油区油气资源的勘探。

致谢:本课题为胜利石油管理局资助项目,工作中得到胜利石油研究院郑和荣、王军、王林等高级工程师的支持和帮助,在此谨致谢意。

参 考 文 献

1 王秉海,钱凯.胜利油区地质研究与勘探实践[M].山东东营:石油大学出版社,1992.357
2 李兴国,周宪臣.孤岛油田两类河流相储集层及其开发效果分析[J].石油勘探与开发,1982,(2):44-51

3 李阳.河道砂储层非均质模型和剩余油分布研究[博士论文][D].中国科学院地质研究所,1999.146
4 Miall A D. Architectural-elements analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits[J]. Earth Science Reviews, 1985, 22: 261~308
5 Miall A D. Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: anatomy of the Kayente Formation (lower Jurassic), southwest Colorado[J]. Sedimentary Geology. 1988, 55: 233~262
6 Miall A D. The geology of fluvial deposits[M]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1996. 75~178
7 Reineck H E, Singh I B. Depositional sedimentary environments-with reference to terrigenous clastics[M]. Springer-Verlag, Berlin. 1973. 220~250
8 Rust B R. A classification of alluvial channel systems[A]. In: Miall A D, ed. Fluvial sedimentology[C]. Can Soc Petrol Geol Mem, 1978a, 5:187~198
9 王随继,任明达.根据河道形态和沉积物特征的河流新分类[J].沉积学报,1999,17(2):240~246
10 钱宁.关于河流分类及成因问题的讨论[J].地理学报,1985,40(1):1~10
11 Miall A D. 沉积盆地分析原理(中译本,1991)[M].北京:石油工业出版社.1984.472

The Study of Depositional Model in the Upper Member of Guantao Formation in Gudao Oilfield of the Shengli Petroleum Province

LI Shuang-ying¹ LI Zhong² WANG Zhong-cheng² LIU Jian-min³
WU Chao-dong⁴ LI Xiang²

1 (Department of Natural Resources and Environmental Science Hefei University of Technology Hefei 230009)

2 (Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences Beijing 100029)

3 (Shengli Petroleum Administration, Dongying Shandong 257001)

4 (Department of Geology, Peking University Beijing 1000871)

Abstract

On the basis of the characteristics of architectural elements, sandstone grain size analysis, and fluvial styles of the Upper Members of Guantao Formation in Gudao oilfield, and according to stream features of 16 kinds proposed by Miall, we believe that it belongs to fine-grain meandering stream. Among architectural elements, floodplain fines (FF), crevasse splay (CS) and lateral-accretion macroform (LA) developed extensively, and levee (LV) and crevasse channel (CR) also developed. The channel sinuosity (P) is more than 2.2. The channel is 100~300 meters wide. The channel meander wavelength is 1 000~1 770 meters. The stream may be adjacent to an estuary, and development of sandstone bodies may be subject to fluctuation of sea level.

Key words architectural elements fine-grained meandering stream the Upper Member of Guantao Formation Gudao Oilfield Dongying Shandong Province