

乌尔逊凹陷大磨拐河组沉积体的地震地层学解释

沈 凤 张金亮

(江汉石油学院, 湖北沙市)

乌尔逊凹陷为海拉尔盆地的一个亚盆地,面积 2350 km²。上侏罗统大磨拐河组厚达 2000 m,可划分为两个地震层序四个亚层序。根据地震反射图形的几何形态和地震相分析,建立了大磨拐河组分段砂体的平面分布,划分出近岸水下扇、远岸浊积扇、纵向搬运的浊积岩体、非扇状浊积岩体、三角洲和滩坝等沉积体。

关键词 地震层序 地震相 沉积体 大磨拐河组 乌尔逊凹陷

第一作者简介 沈 凤 女 24岁 助教 地震地层学及沉积学

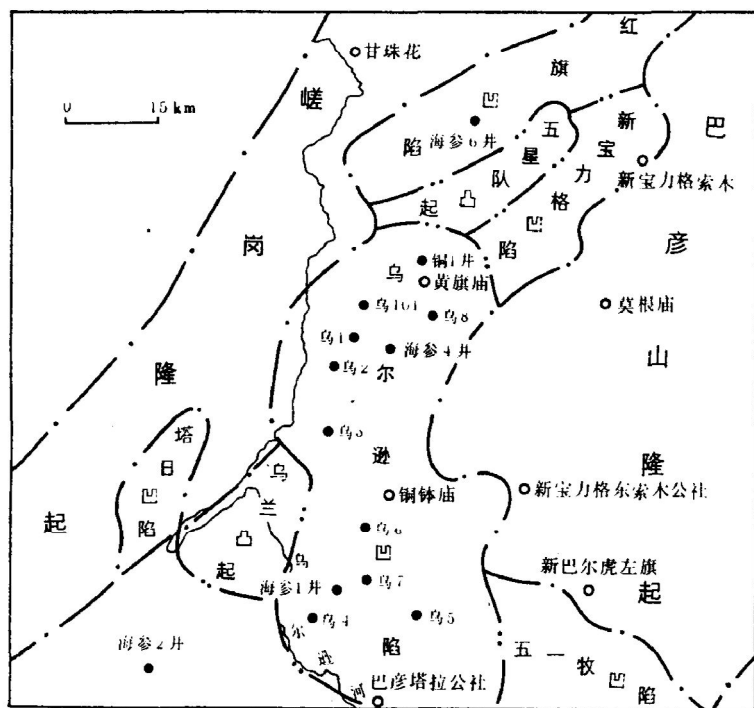


图 1 乌尔逊凹陷构造位置及井位图

一、地震层序划分

乌尔逊凹陷为海拉尔盆地的一个亚盆地,西断东超,中部狭窄,面积为 2350 km^2 (图 1)。目前,该凹陷已有钻井 13 口,地震测线 2000 余公里 ($1 \times 2 \text{ km}$ 测网)。凹陷内的沉积盖层为兴安岭群,上侏罗统大磨拐河组、伊敏组 and 上白垩统青元岗组,第三系和第四系。兴安岭群主要为火山岩、砂砾岩和砂泥岩,与基底分界不清。大磨拐河组厚逾 2000 m,是本区重要的生储油层系。通过对地震剖面反射波终止特征的分析 and 统计,并借助于反射层系本身可能具有的地质内涵,将大

磨拐河组划分为两个地震层序四个亚层序(表1)。这些层序和亚层序的顶底界与钻井地层划分吻合较好,并得到钻井资料的证实。

表1 乌尔逊凹陷大磨拐河组地震层序划分

地 层	地震反射层	地震层序	亚层序	顶面及内部地震反射特征
伊敏组	一段	T_2		
大磨拐河组	五段	T_2	B_4	T_2 由1—2个连续强相位组成,可稳定追踪,以平行-亚平行,弱-中强反射为特征。
	四段	T_2	B_3	T_2 由1—2个连续的强相位为特点,以平行-亚平行的弱至中强反射为主
	三段	T_2	B_2	T_2 由1—2个较连续的中-强相位组成,内部以平行或亚平行的弱至中强反射结构为特点
	二段	T_2	B_1	T_2 一般是由1—2个连续的强相位组成,内部由杂乱反射结构,前积反射结构及亚平行反射结构组成
	一段	T_3		T_3 一般是由2—3个强相位组成,在 T_3 界面上下,削截和上超现象普遍。内部多为丘形、楔形杂乱反射结构,仅中部为亚平行反射
		T_5		T_5 由两个相位同相轴组成,振幅变化大,波形特征不明显
兴安岭群与基底				

二、古流向的确定

以几何参数(内部反射结构和外部几何形态)和关系参数(地震相单元的平面组合关系)为主,以物理参数(反射振幅、频率和连续性)为辅;同时还应用了岩芯相分析和测井相分析的成果。

地震反射参数中,外部几何形态反映沉积体的形态和空间展布,这与有方向特征的等厚图所起的作用是一致的;内部反射结构反映定向性的沉积构造特征;振幅变化情况大致反映无定向特征(如成分、结构、粒度变化等)。这与古水流分析的基本方法是等同的^[1]。因此,利用几何参数并参考振幅的变化可以确定古水流方向,从而追踪物源区。对于最常见的三角洲沉积体的古流向,根据倾向剖面和走向剖面的反射结构来确定。若这两条相互垂直的剖面都有前积反射结构,则采用矢量合成的方向来确定古流向;若只有其中一条剖面能见到前积反射结构,则该剖面上前积层的倾向即为水流方向。对于某些扇形沉积体,根据走向剖面和倾向剖面的反射形态,并借助振幅的变化来确定。在这两条相互垂直的剖面上,扇体的反射外形一般分别为楔形和透镜状或丘形。若这一透镜状为对称的,则垂直于透镜体的方向便为古流向,也就是楔形收敛的方向;若透镜体不对称,则要利用其内部振幅变弱方向与楔形收敛方向进行矢量合成来确定。当然尚需参考平面上沉积体边界各参考点的变化趋势。

三、沉积体的主要类型及特征

(一) 近岸水下扇

主要分布在大磨拐河组沉积早期盆地边缘紧靠断层一侧,或坡度较陡的地区(图2、3、4)。

1. 地震鉴别特征 水下扇的反射形态在倾向剖面上为楔形(图版 I-1),而在走向剖面上为透镜状或丘形(图版 I-2)。当水下扇的展布方向斜交测线时,还可出现一些过渡形态。在倾向剖面上,水下扇地震反射的连续性随着远离高地而逐渐变好。根据地震反射特征的不同,可在外形为楔形的剖面上进一步划分出扇根、扇中和扇端。扇根的反射层理不清,无明显的波阻抗界面,以无反射或杂乱反射为特征;扇中的反射具有明显的波阻抗界面,以中-强的变振幅的亚平行反射为特征;扇端以高频、中-低振幅连续的反射为特征。

2. 沉积学特征 本区已有多口井钻遇近岸水下扇的主体。这些水下扇均显示了向上变细变薄的垂向层序,在平面上各相带逐渐向岸迁移。扇根为沟谷的向下延伸部分,岩性主要为大套砾石大小混杂的粗砾岩、中砾岩及少量砂砾岩和薄层泥质粉砂岩。自然电位呈低幅齿状。扇中是水下扇的主体,可进一步划分为辫状沟道、沟间、扇中泥石流和扇中前缘四个微相,垂向层序如图 5 所示。辫状沟道微相由无序块状砂砾岩相、粗厚平行层理或斜层理砂砾岩相及砂岩相组成,冲刷现象明显。自然电位表现出明显的幅度差,呈箱形或齿化箱形。扇中泥石流为非水道化的泥石流沉积,主要岩性为基质支撑砾岩和颗粒支撑砂砾岩,砾石大小混杂(图版 I-1, 2)。自然电位曲线幅度值一般低于互层的辫状沟道(图 5)。沟间沉积主要为砂泥互层,砂岩多为块状或显平行层理(图版 I-9),泥岩为灰至深灰色,韵律性不太明显,有时略显正韵律。自然电位曲线为对称齿状或指状,有时显齿化钟形。扇中前缘相位于辫状沟道发育区的前方,与辫状沟道相比,分选变好,冲刷现象不明显(图版 I-10)。特征岩相为反递变至正递变砂砾岩相、粗尾递变砂砾岩相(图版 I-3, 4),平行层理或斜层理砂岩相(图版 I-6)。自然电位曲线以钟形及齿化漏斗-钟形组合为主(图 5)。扇端岩石类型为粗砂岩、中砂岩、细砂岩和泥岩,常呈砂泥互层,发育递变层理、块状层理和平行层理(图版 I-8),显不完整的鲍玛层序,自然电位曲线多为指状和齿状。

(二) 远岸浊积扇

这种沉积体主要发育在大磨拐河组二段沉积时期的北部地区,主要由供给水道和舌形体组成(图 3)。

1. 供给水道 在浅水缓坡地带存在一近于垂直岸线方向的水道,洪水携带的含大量泥

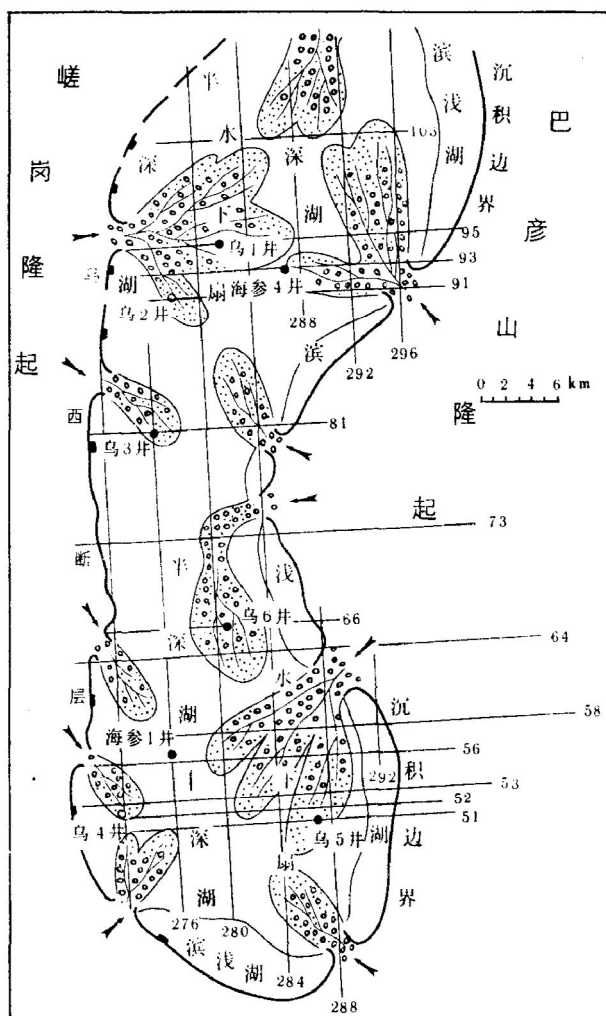


图 2 乌尔逊凹陷大磨拐河组一段沉积相图

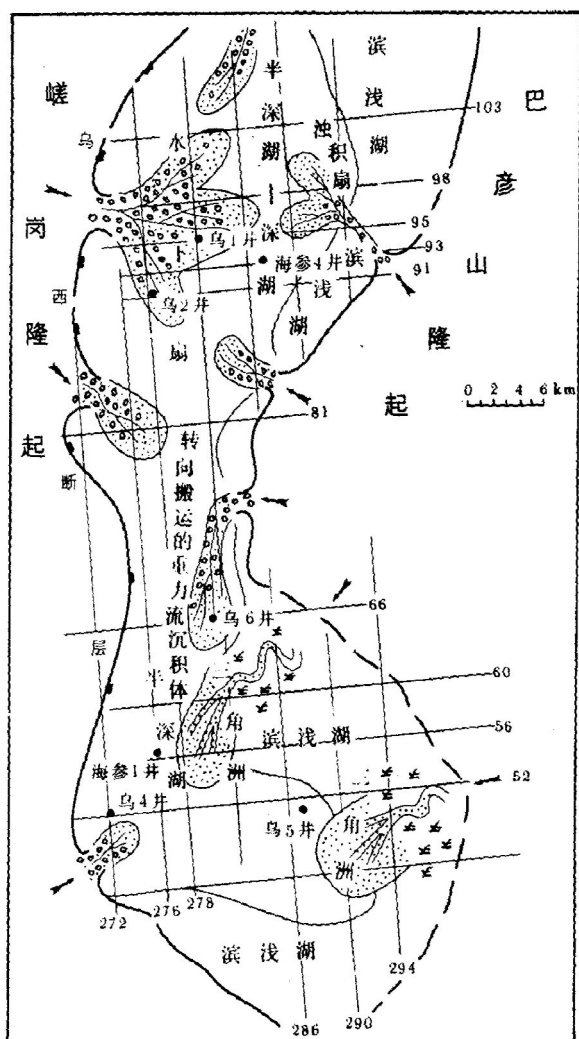


图3 乌尔逊凹陷大磨拐河组二段沉积相图

1. 地震鉴别特征 在66.0剖面278.5—282.5桩号附近,可见两个叠置的不对称的透镜状反射。在平面上按主测线追踪,可以看到这两个扇形体分别向东部山区谷口退缩。谷口呈“V”字形,深切于湖底。在71.0剖面280.0和282.0桩号附近,可见两个杂乱充填的地震反射,它们分别为大磨拐河组一段和二段重力流水道的地震响应。

2. 沉积学特征 乌6井钻遇了这一沉积体的主体,主要岩性为中-粗砂岩和砾岩。中-粗砂岩和砾岩的单层厚度一般为0.5—1.5 m,砂岩底部多具幅度较大的侵蚀构造(图版I-5),从下向上由反递变的 S_2 段变为块状砂砾岩段 S_3 ,再变为交错层理砂岩段 T_1 (图版I-7),可与Low^[2]的高密度浊流模式相

砂的密度流便通过这一水道向深水区搬运。在294.0剖面上,95.0—97.5桩号可见这一亚平行的水道充填反射,水道形态不对称,南陡北缓(图版I-3)。乌8井钻遇了补给水道,第1次和第2次取芯表明,补给水道除了充填浊流成因的砂砾岩外,还充填滑塌成因的变形泥岩、粉砂岩,碎屑流成因的含砾泥岩,以及深湖和半深湖泥岩,自然电位曲线为齿状。

2. 舌形体 在供给水道的尽头为舌形体堆积。在地震剖面上可识别出两个舌形体,这两个舌形体在走向剖面和倾向剖面上都呈透镜状,内部反射为亚平行或发散结构,向四周渐变为席状连续反射(图版I-4)。舌形体的形成与平行岸线方向的同生断层有关,断层使湖底坡度突然变陡,舌形体便堆积在断层下降盘的深水区。

(三) 纵向搬运的浊积岩体

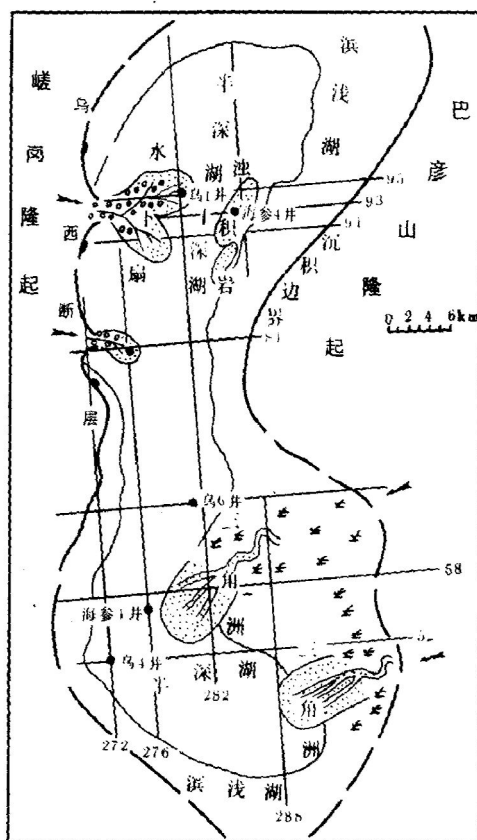


图4 乌尔逊凹陷大磨拐河组三段沉积相图

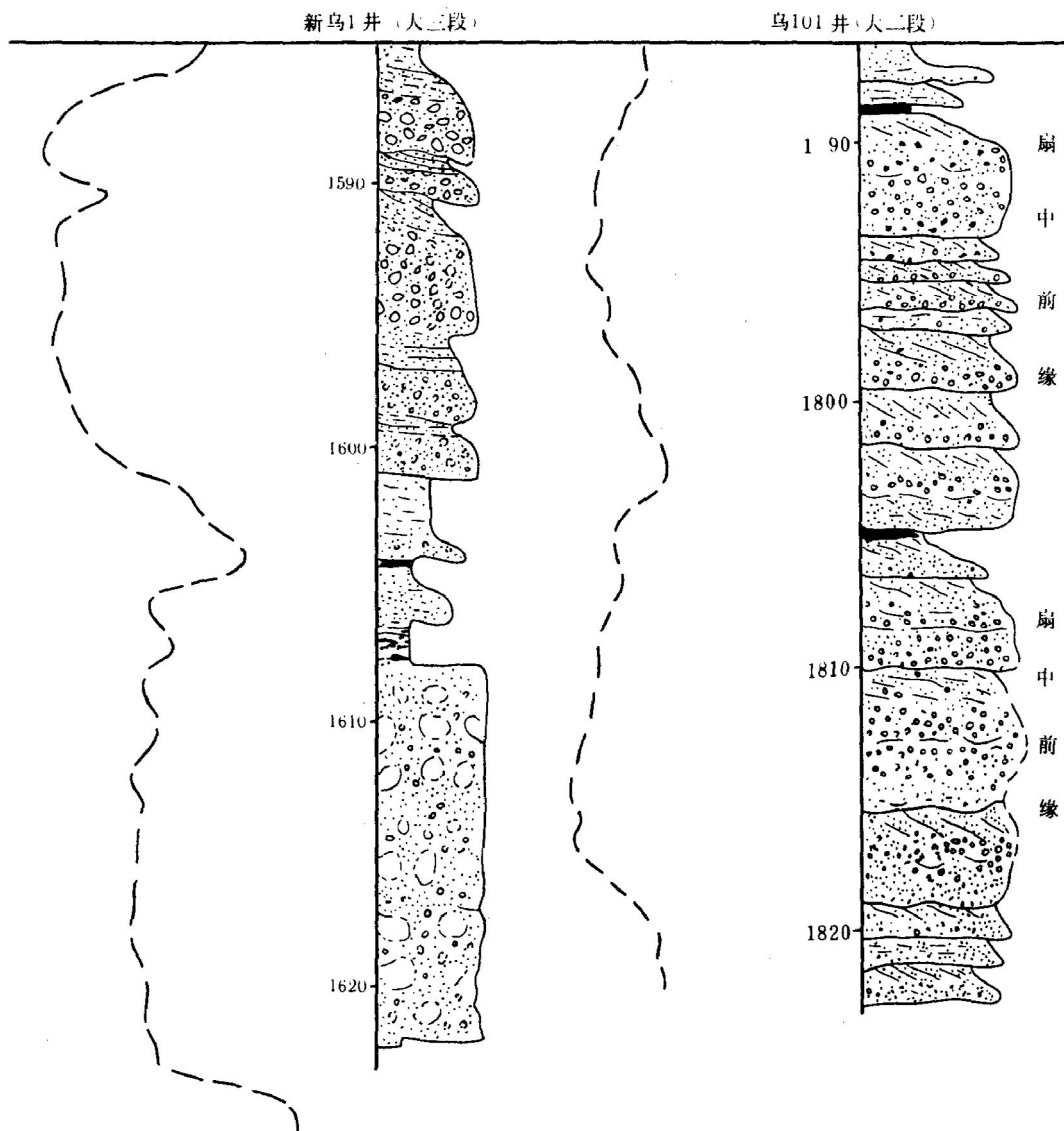


图5 近岸水下扇的扇中沉积序列

对比,反映了辫状水道-砂坝组合特征。此外,还可见到由砂岩段 S_2 变为块状砾岩段 R_3 ,再变为交错层段 S_1 的层序组合,为砾质至残余砂质高密度浊流的沉积产物。从岩石相反映的特征来看,缺少向上变厚的舌形体,没有出现一般浊积扇所特有的垂向层序组合。自然电位曲线为大型的箱形和齿化箱形(图6)。

在大磨拐河组沉积初期,乌尔逊凹陷为一中部狭窄的长形湖盆。当东部隆起发生山地暴洪时,高密度的洪流通过谷口进入槽内,由陆上泥石流转变成深水重力流,并逐渐向浊流转化。在流动过程中由于受古构造、古地理的影响,重力流在循谷直泻之后,往往改向转弯沿槽的轴部向低洼处流动,形成纵向搬运的重力流。

(四) 非扇状浊积岩体

目前所识别出的非扇状浊积岩体主要出现在最大水进期,见于乌尔逊凹陷北部海参4井大磨拐河组三段。

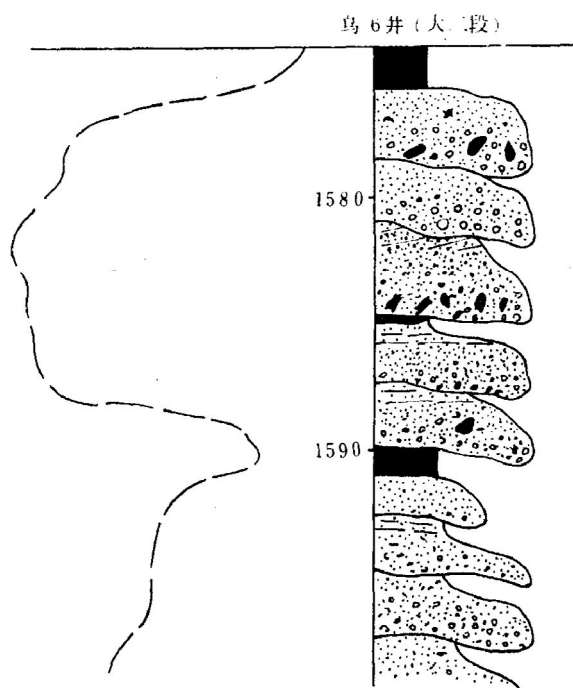


图6 纵向搬运的重力流沉积层序

1. 地震识别标志 这一沉积体分布在盆地的较深水地带。在 93.0 地震剖面 T_2 反射层之上 287.0—288.5 桩号附近, 可见到这一异常体的反射。反射外形为透镜状, 内部为亚平行反射, 两端同相轴上超尖灭形成圈闭 (图版 I-7)。

2. 沉积学特征 海参 4 井岩芯表明, 这一沉积体主要由深灰色泥岩和粉-细砂岩组成, 砂层薄一般 10—30 cm, 常显不完整的鲍玛序列, 主要有 Tab , Tbc 和 $Tcde$ 及 Tde , 底面具侵蚀或突变, 槽模和重荷模多见。

这一浊积岩体在沉积特征上与扇状浊积岩的非水道部分十分相似。垂向层序没有旋回性, 却普遍具有向上加厚的趋势。自然电位曲线呈指状或复合指状。

在高湖面时期, 进入深湖区的沉积物数量有限, 只有季节性水流所产生的底层流, 可在深湖区形成非扇状浊积岩体。

(五) 三角洲

三角洲在地震走向剖面上的反射形态为丘形, 倾向剖面上的反射形态为楔形。三角洲平原的反射以变振幅, 不连续为特点; 前缘以前积反射结构为特点; 前三角洲以中-低振幅、连续的席状反射为特点。地震剖面上识别三角洲的主要标志是根据地震的前积反射结构。本区出现三处前积结构, 反映了不同类型三角洲沉积的响应。

1. S 斜交复合型 这是一种由 S 形反射和斜交反射交替组成的前积结构型式, 反映湖面频繁升降造成的加积作用和进积作用相互交替的历史, 是河流作用较强, 物质供应充足条件下的产物 (图版 I-5)。分布在南部缓坡地带, 大磨拐河组二段至四段皆有其踪迹 (图 3, 4, 7), 平面形态呈舌形。位于舌状体前缘部位的乌 7 井大磨拐河组四段有较连续的钻进取芯, 显示了河控三角洲前缘亚相的沉积特征^[3]。

2. 叠瓦状前积结构 这一结构仅见于南部缓坡乌 6 井区, 前积反射的倾角较大, 由小的砂岩透镜体组成, 向洼陷方向延伸不远, 相互呈叠瓦状。具有这一反射结构的三角洲形成于浅水高能环境, 反映河流作用弱于波浪作用 (图 7)。

3. S 形前积结构 分布在北部大磨拐河组五段, 平面呈舌状, 范围较大 (图 8)。在走向剖面上可见到典型的 S 型前积反射 (图版 I-6)。Sangree 等^[4]和 Brown 等^[5]都将其解释为相对低能环境的产物。

(六) 沿岸滩坝

沿岸滩坝主要发育在湖盆的微陷扩张期, 多位于湖盆的宽缓水下斜坡, 薄者为滩, 厚者为坝^[6]。呈条带状大致与岸线平行 (图 7, 8)。在地震剖面上的反射形态有两种:

1. 两端尖灭砂岩相 在 280.0 地震剖面 55.5—57.5 桩号附近, T_2 反射层上可见一顶底界为强振幅, 中间为空白相, 两端同向轴逐渐合并的地震反射, 剖面上具长条状外形。上

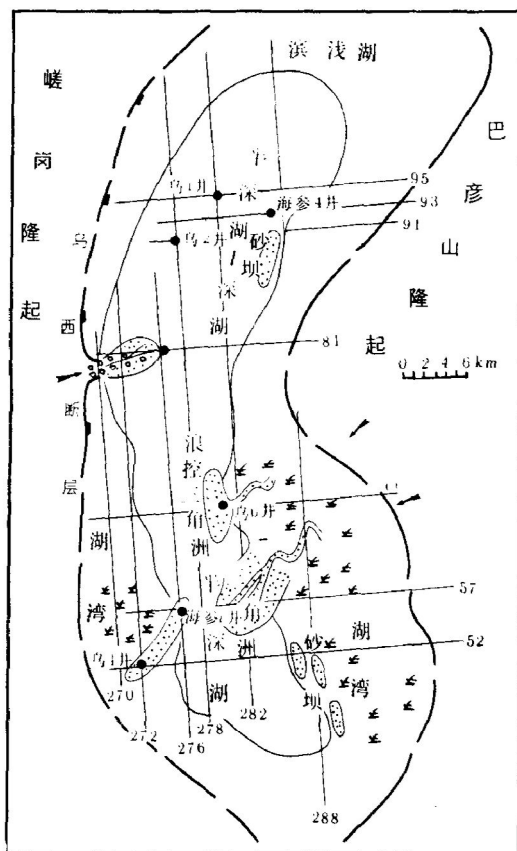


图7 乌尔逊凹陷大磨拐河组四段沉积相图

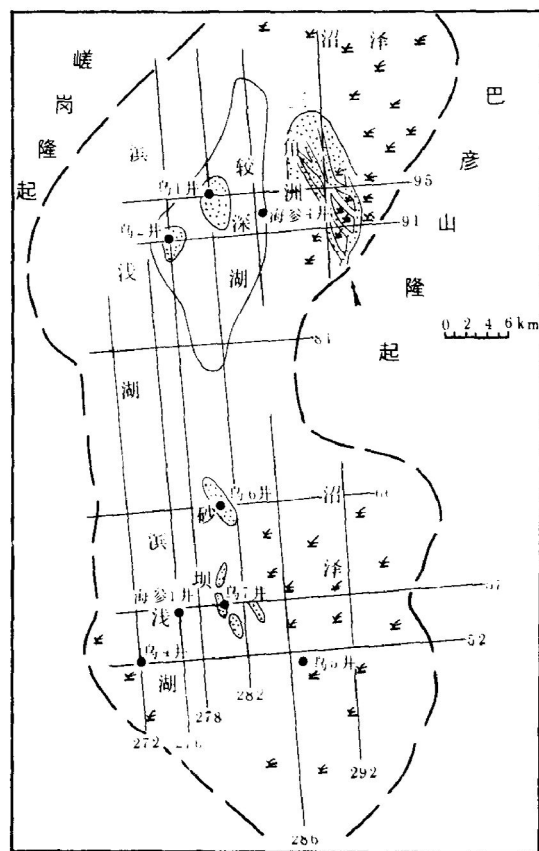


图8 乌尔逊凹陷大磨拐河组五段沉积相图

表2 乌尔逊凹陷演化过程沉积体组合关系

盆地演化阶段	地 层	沉积组合特征	构造活动	生储油状况
晚期充填期	青元岗组 —伊敏组	湖盆逐渐消失,以河流和冲积平原为主	基底停止下沉,挤压作用为主,盆地被充填	非生储油层段
全面淤浅期	五段 —四段	湖盆为大面积的浅水所占据,三角洲和滩坝沉积发育	湖盆的古地地面貌较平坦,已进入湖盆的坳陷阶段	生油层发育,储油条件亦佳,但油气多未成熟
最大水进期	大磨拐河组 三段	湖面宽广,深水湖泊相发育,由于湖平面升高抑制了水下扇的发育,可出现非扇浊积岩和三角洲	盆地持续下沉,剥蚀区地形渐趋平缓,构造活动较弱	盆地中心形成好的生油岩,储层不发育,但含油性较好
早期充填期	二段 —一段	湖泊不断扩大加深,在控制性盆缘断裂的内侧出现大型水下扇体,水下重力流,缓坡可有三角洲	区域出现总体上升背景,盆地强烈下沉,断块活动较强	盆地中心为中一好的生油岩,邻近生油洼陷的各类砂砾岩体为良好的油气储层
初始充填期	兴安岭群	冲积沉积为主,盆地中心可出现浅水湖泊,形成冲积扇和扇三角洲沉积体系	初始裂陷作用开始,构造活动强烈,古地貌起伏不平	生油岩不发育,储层储集性能差

部为振幅、波形及频率都很稳定的泥岩反射,下部为以泥为主并含砂的岩石反射。

2. 上倾尖灭砂岩相 砂岩体顶底界表现为强振幅反射,中间为空白反射,一端同向轴

上倾尖灭(图版 I-8)。海参 1 井钻遇这一砂体(图 7), 为结构成熟度很高的岩屑砂岩, 间夹灰绿色泥岩和煤层。自然电位曲线表现为漏斗形、箱形、指状及复合指状。

通过对乌尔逊凹陷大磨拐河组地震地层学和沉积学特征的研究, 认识到随着盆地的不断演化, 沉积体在空间的配置也有规律的变化, 这种变化的总趋势表现为各沉积体系与湖泊体系的相互消长, 以及盆地总体水进与水退的更替。按照沉积充填特征的变化, 可将乌尔逊凹陷划分为五个演化阶段, 各阶段的沉积、构造特征归纳为表 2。

致谢: 工作期间得到程学儒和刘长瑞高级工程师的热情帮助和大力支持, 我院赖志云教授、刘怀波和俞惠隆副教授亦给予了大力支持和协助。特此致谢!

参 考 文 献

- [1] Potter P. E., Pettijohn F. J., *Paleocurrents and Basin Analysis* Berlin: Springer-Verlag, 1977.
- [2] Low D. R., *J. Sed. Petrol.*, 1982; 52 (1).
- [3] 张金亮、沈 凤, 新疆石油地质, 1989; 10 (3).
- [4] C. E. 佩顿编, 牛毓基等译: 地震地层学, 石油工业出版社, 1980.
- [5] Brown L. F., Fisher W. L., *AAPG Continuing Education Course Note Series*, 1979; (16).
- [6] 吴崇筠, 沉积学报, 1986; 4 (4).

SEISMIC STRATIGRAPHIC INTERPRETATION OF MAJOR SEDIMENTARY BODIES IN DAMOGUAIHE FORMATION, WUERXUN DEPRESSION

Sheng Feng Zhang Jinliang

(Jiangnan College of Petroleum)

Abstract

The Wuerxun Depression, a sub-basin of the Hailar Basin, covers an area of 2350 km². The Upper Jurassic Damoguaihe Formation, which is a significant hydrocarbon generating and reservoiring sequence and up to 2000m thick, can be divided into two seismic sequences and four subsequences. According to the study of seismic and sedimentary facies, it can be primarily classified as nearshore subaqueous fan, offshore turbidite fan, longitudinal transported turbidite body, non-fan turbidite body, delta, beach and bar. The formation, evolution and spatial distribution of these sedimentary bodies were controlled by tectonic movement, lake-level changes and sediment supply.