

文章编号 :1000-0550(2000)01-0268-05

# 埕岛油田沙三<sup>1</sup>段储层沉积学特征

周永红<sup>1</sup> 张晓宝<sup>2</sup> 王远坤<sup>1</sup> 吴茂炳<sup>2</sup>

1(胜利油田职工大学 山东东营 257004) 2(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

**摘要** 沙三<sup>1</sup>段是埕岛油田重要储集层之一,其储集层岩石学特征研究对该油田的滚动开发及勘探选区评价具有十分重要的指导意义。本文研究了沙三<sup>1</sup>段储层沉积特征。研究认为:(1)沙三<sup>1</sup>段储集层为一套粗碎屑沉积岩,属河流-滨浅湖沉积体系辫状河三角洲相;(2)块状层理粗砂岩相、槽状交错层理中细砂岩相、波状交错层理细砂岩相和平行层理细砂岩相为最有利的油气储集岩石相;Sf→Mm相组合、Sm→Mm相组合、St→Mm相组合以及Sr→Sh相组合是最发育的岩石相组合类型,也是最有利油气储集的岩石相组合;(3)物源方向主要为东北和西南,沉积相展布受构造控制,呈北北西-南南东方向展布;沉积面貌具有西高东低、南高北低的沉积特征。

**关键词** 辫状河三角洲 储层沉积学 勘探选区评价 埕岛油田

**第一作者简介** 周永红 女 1967年出生 讲师 地质学

**中图分类号** P618.130.2<sup>+1</sup> **文献标识码** A

埕岛油田位于渤海南部浅海域,水深0~10m,包括渤中拗陷的两个次一级构造单元即埕北低凸起及埕北凹陷,呈北西向展布。西为埕宁隆起,东为渤中凹陷,北与黄骅拗陷的歧口凹陷相接,东南则与济阳拗陷的桩东凹陷相邻(图1)。沙三<sup>1</sup>段是埕岛油田重要储集层之一,其储集性研究对该油田沙三<sup>1</sup>段沉积环境分析及油气田的进一步勘探与开发均具有十分重要的理论与实际意义,本文研究了沙三<sup>1</sup>段岩石学特征、岩石相类型及其组合分析了沉积环境,确定了最有利于油气富集的岩石相组合,并指出了沉积物物源方向。

## 1 岩石学特征

### 1.1 岩石成分及结构

沙三<sup>1</sup>段共分为3个油组。储集岩为一套浅灰色、灰褐色砂岩及含砾砂岩,砂岩粒级较粗,中细砂岩为主,部分并砾石含量较高。与其下部地层沙三<sup>2+3</sup>段相比,岩性具有较好的继承性,但在沙三<sup>1</sup>段顶部发育灰褐色及紫红色泥岩(胜海2井、埕北151井),反映沉积环境水体较浅,并确定有水上泛滥平原沉积。砂岩分选为中等差,颗粒磨圆度呈次棱角状-次圆状,且砾石分布呈一定的方向叠置,反映了沉积物水动力搬运能量较大,搬运距离较远。岩心观察中发现大量植物碎屑、完整的植物叶、粗大的炭化植物茎以及反映浅水环境的瓣鳃类化石,均表明沙三<sup>1</sup>段沉积环境为河流-滨浅湖环境。

目的层段石英平均含量27.67%,长石平均含量39.58%,岩屑平均含量32.77%,可以看出,稳定矿物石英含量不足30%,而代表非稳定矿物的长石和岩屑含量之和大于70%,显然目的层岩石矿物以非稳定矿物为主。如果用指示岩石成分成熟度的石英/(长石+岩屑)之比来衡量,目的层为0.39,而辽河地区扇三角洲为0.71,松辽南部后五家户气田正常三角洲为0.73,濮城地区扇三角洲为1.0,显然目的层砂岩成分成熟度及结构成熟度均较低,反映了沉积速度快、水动力能量变化快的沉积特点。表明沙三<sup>1</sup>段沉积物既不同

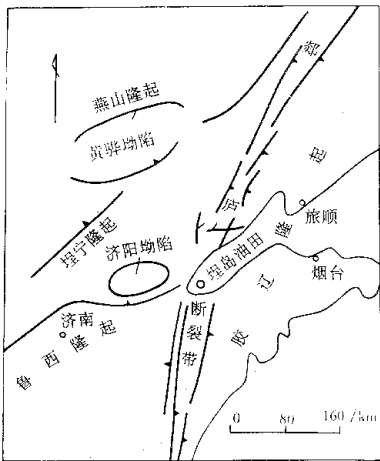


图1 埕岛油田区域构造位置示意图

Fig.1 Sketch map of regional tectonic location of the Chendao field

于扇三角洲相又不同于正常三角洲沉积,因此可确定为两者之间的辫状河三角洲相沉积。

### 1.2 岩石类型

砂岩分类的目的是为了确定沉积物的岩石相,目前它仍是沉积相研究的必要手段。工区砂岩分类结果表明,砂岩类型主要为长石砂岩和岩屑砂岩的过渡类型即长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩,且以长石岩屑砂岩为主体(表 1)。其中胜海 2、埕北 151、埕北 16、埕北 27 等 4 口井长石岩屑砂岩占岩样百分比均大于 75%,说明此时期沉积物物源较稳定,且归属同一物源。也说明沉积物母岩应为富含长石的花岗岩类,这是陆源碎屑尤其是山前湖泊沉积最常见的岩石类型。埕北 21、埕北 23 井含少量长石砂岩,表明工区岩石类型具有多样性的特点。反映断陷湖盆物源供给的不稳定性和沉积物源的复杂性。

表 1 沙河街组三<sup>1</sup>段岩石类型统计

Table 1 Statistics of rock types of the Sha-3(1) member

取 心 井	样 品 数	岩 石 类 型							
		长石砂岩		岩屑长石砂岩		长石岩屑砂岩		岩屑砂岩	
		颗 粒 数 /个	百 分 比 /%	颗 粒 数 /个	占 整 个 岩 石 的 百 分 比 /%	颗 粒 数 /个	占 整 个 岩 石 的 百 分 比 /%	颗 粒 数 /个	占 整 个 岩 石 的 百 分 比 /%
胜海 2	9		2	22	7	78			
埕北 21	176	76	43	72	41	28	16		
埕北 151	20			2	10	18	90		
埕北 16	5			1	20	4	80		
埕北 27	59			1	1	47	80	11	19
埕北 23	24	1	4	12	50	11	46		

\* 据偏光显微镜下统计结果

### 1.3 沉积物的粒度结构特征

沉积物的粒度结构是沉积物源岩性质、水动力能量、搬运距离、床底形态综合作用结果的反映,特别是沉积场所水动力条件及作用时间明显地控制沉积物的粒度结构。

#### 1.3.1 砂岩概率累计曲线

不同常见环境中,由于水动力条件强弱的差异、作用时间长短的不同、作用方向的变化等因素的影响,致使沉积物的分选性有很大差别,沉积物颗粒在水介质中的搬运方式主要有 3 种,即滚动、跳跃和悬浮搬运。概率累计曲线把首、尾最粗和最细部分明显地表现出来,因此可在曲线上识别出不同的搬运方式和沉积作用。

埕岛油田沙三<sup>1</sup>段的砂岩概率累计曲线(图 2)可归纳为以下几类:

- ①“双跳跃”三段式;②“单跳跃”三段式;③低悬浮缓跳跃两段式;④低悬浮陡跳两段式;⑤高悬浮缓跳跃两段式;⑥高悬浮陡跳两段式;⑦粗悬浮一段式;⑧细悬浮一段式。

上述 8 类概率累计曲线主要发育第①类、第③类和第④类,即主要发育具有跳跃组分的“双峰式”三段式和由跳跃、悬浮组成的两段式,反映出在有一定坡降的地理环境中沉积物搬运的水动力条件变化以及水体能量由强变弱的沉积过程,表明本区沉积物主要以牵引流方式搬运、床底载荷形式沉积。

#### 1.3.2 C-M 图

对 6 口取心井粒度资料进行分析处理,取 C、M 值作图,结果表明,C-M 图上主要发育 PQ 段和 QR 段,RS 段因取样所限不甚发育(图 3),反映目的层沉积物呈牵引流方式搬运,即河流环境的沉积作用。

## 2 岩石相类型及其组合

岩石相通常是指特定的水动力条件或能量条件下形成的岩石基本单元。划分岩石相的意义在于通过某

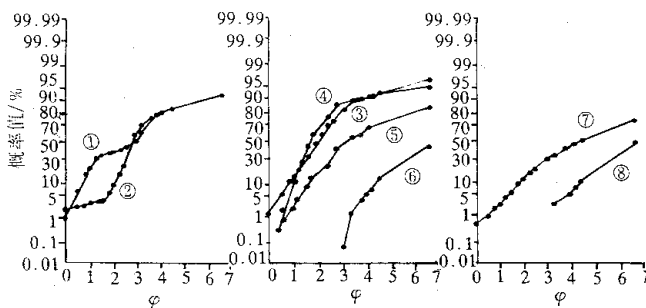


图 2 沙三<sup>1</sup>段砂岩累计概率曲线

Fig. 2 Probability cumulative curve of the Sha-3(1) member sandstones

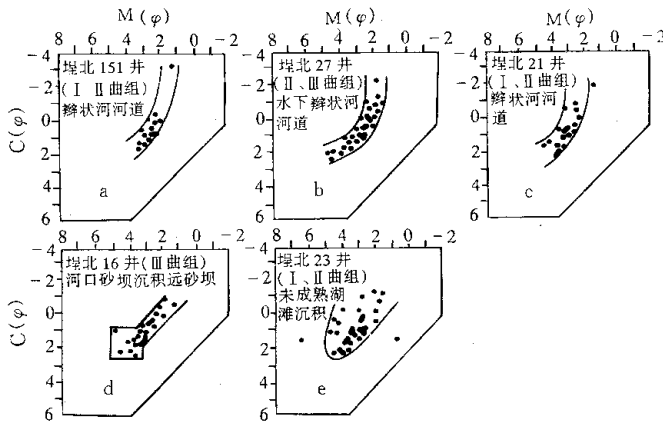


图 3 沙三<sup>1</sup>段砂岩 C-M 图及环境解释

Fig. 3 C-M pattern of environmental interpretation of Sha-3(1) member Sandstones

一特定的岩石单元来反映其形成时的特定的沉积作用和水动力条件,并以此作为沉积环境分析的重要依据。

岩心观察及描述是确定岩石相类型最直接且最可靠的工作方法。通过对工区胜海 2、埕北 23、埕北 151、埕北 21、埕北 16 井等 5 口井的岩心观察和描述,结合岩性、颜色、粒度、沉积构造等特征,将工区岩石相划分为以下几种类型:

- ①交错层理砾岩相(Gc);
- ②块状层理砂砾岩相(Gm);
- ③块状层理含砾砂岩相(Sf);
- ④块状层理粗砂岩相(Sm);
- ⑤槽状交错层理细砂岩相(St);
- ⑥波状交错层理细砂岩相(Sr);
- ⑦平行层理细砂岩相(Sp);
- ⑧透镜状层理粉砂质泥岩相(Ml);
- ⑨块状层理泥岩相(Mm);
- ⑩水平层理泥岩相(Mh)。

上述 10 种岩石相中,块状层理粗砂岩相、槽状交错层理细砂岩相、波状交错层理细砂岩相和平行层理细砂岩相因其砂岩粒度相对较粗,主要发育于水下分流河道及河口砂坝中,具有较好的分选性,因此其砂体孔渗性较好,是工区最有利于油气富集的储集岩石相,试油成果亦反映工区粗粒度砂体其含油气性更好。

岩石相组合是指具有成因联系的不同微相在垂向上的相互组合,具成因特征和典型的沉积作用和过程,实际上代表一种沉积环境的相序或层序。就储集层而言,通常一个特定的层序或岩相组合是一个独立的油气储层,因此,是分析油气储层层内非均质性的基本实体单元。工区最典型的岩石相组合是 Sf→Mm 组合、Sm→Mm 组合、St→Mm 组合和 Sr→Sh 组合,其中 Sf→Mm 组合为典型的河道二元结构(如图 4a),剖面上 Sf 相和 St 占绝对优势,岩性为含砾砂岩或粗砂岩,颜色多为深灰色,Mm 相泥岩颜色多为灰褐色,岩性不纯,通常为粉砂质泥岩,为河道间细粒悬浮物沉积而成。层理构造以块状层理或槽状交错层理为主,厚度一般在 5 m 左右,厚者达 15 m 以上。与下伏泥岩呈突

变接触,冲刷构造十分发育。这种层序表现出水动力强弱的交替变化,同一岩相在垂向上反复出现,具间歇性水流的特点。电测曲线为齿化钟型或齿化箱型。一般在砂岩底部具有较高的孔隙度和渗透率,向上则储集性能降低。此类岩石相组合是工区最为发育的微相组合,同时也是最有利于油气富集的岩石相组合。图 4b 以 Sm 相和 Sr 相发育为主要特征,沉积构造以小型槽状交错层理和波状交错层理最为发育。砂岩厚度一般在 6 m 左右,岩性较细,以中-细砂岩为主。电测响应以漏斗型为主,表现为前缘河口砂坝沉积。因此砂岩具有较好的分选性,砂体内部非均质性不强,在注水开发中单向水流突进现象不明显,是工区主要的储集砂体。

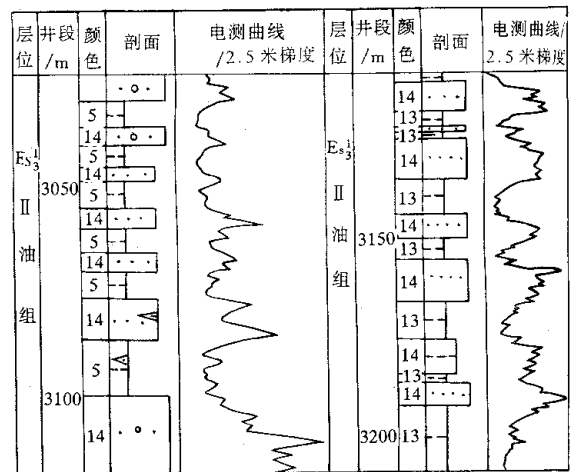


图 4 两种主要的岩石相组合类型

左 水下辫状河道岩石组合特征,右 河口砂坝相组合特征

Fig. 4 Two main types of rock facies assemblages

### 3 沉积物物源方向

沉积物物源研究是沉积相研究的重要组成部分,它对于油田勘探选区以及加密井的部署具有十分重要的指导意义。由于缺乏古生物资料和重矿物资料,因此,作者通过对地层沉积厚度变化的研究来确定物源方向。

研究地层沉积厚度的目的在于了解沉积物沉积厚度在平面上的分布及变化。根据沉积补偿原理,沉积厚度大的地方,反映古地形为低洼地带,容易接受沉积,沉积厚度小的地方,反映地形较高,不易接受沉积。按照水动力学理论,高的古地形代表了水流方向,低的古地形则为蓄水体,由此可判断沉积物物源方向。由此研究地层沉积厚度可为沉积相的确定,特别是沉积物物源方向的判断提供直接、可靠的依据。

研究地层厚度变化通常以等厚线形式来表示,地层等厚度图用以反映盆地范围、沉积边界以及沉积基底(基础层)的古地形和古构造的特征等。

沙三<sup>1</sup>段地层厚度为 150 ~ 320 m,平均为 249 m。为了更好地反映地层原始沉积厚度变化,我们选择了钻穿目的层且无断层通过的井参加作图。钻遇地层最厚的井为胜海 2 井,其厚度 311 m,钻遇地层最薄的井是埕北 21 井,其厚度为 202 m。沙三<sup>1</sup>段地层等厚度图反映出了以下 4 个方面的特点:

(1) 区东北部和西南部沉积厚度向湖盆中心方向逐渐加厚,反映向陆一侧下伏古地形较高,这两个方向

即为该时期的沉积物物源方向。

(2) 沉积盆地具有明显的轮廓,盆地走向与盆地构造延伸方向基本一致,即呈北西-东南向展布。

(3) 盆地具有段陷湖盆的沉积特点,在工区北部胜海 1 井和埕北 151 井以东为该时期的两个沉降中心,沉积厚度最大。

(4) 盆地的总体沉积格架呈西高东低、南高北低的特点。

### 4 结论

(1) 埕岛油田沙三<sup>1</sup>段储集层为一套粗碎屑沉积岩,沉积环境为河流-滨浅湖环境,沉积体系为湖岸沉积体系,储集岩沉积相为辫状河三角洲相。

(2) 块状层理粗砂岩相、槽状交错层理中-细砂岩相、波状交错层理细砂岩相和平行层理细砂岩相是工区最有利于油气富集的储集岩石相;Sf→Mm 组合、Sm→Mm 组合、St→Mm 组合以及 Sr→Sh 组合是工区目的层最为发育的岩石组合类型,同时也是最有利于油气富集的岩石组合。

(3) 工区主要物源方向为北东方向和西南方向,沉积格局与构造走向基本一致,呈北北西-南南东方向展布,沉积面貌具有西高东低、南高北低的沉积特点。

#### 参 考 文 献

- 1 顾家裕等. 沉积相与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1994
- 2 薛良清. 扇三角洲、辫状河三角洲与三角洲体系的分类[J]. 地质学报,1991,65(2):144~151

## Characteristics of Reservoir Sedimentology in the Sha-3(1) Member of Chengdao Oilfield

ZHOU Youg-hong<sup>1</sup> ZHANG Xiao-bao<sup>2</sup> WANG Yuan-kun<sup>1</sup> WU Mao-bin<sup>2</sup>

1 (Staff University of Shengli Oilfield Dongying Shandong 257004)

2 (Lanzhou Institute of Geology Chinese Academy of Sciences Lanzhou 730000)

#### Abstract

Based on the study of characteristics of reservoir petrology and sedimentology in target strata, the authors have put forward that the depositional environment of the Sha-3 member is river-shore shallow lake environment, the sedimentary system belongs to lakeshore depositional system and the sedimentary facies of the reservoir are braided river delta facies.

The Sha-3(1) member is one of the most important reservoirs in Chengdao oilfield, sedimentary characteristics of which are very important for the rolling development and the evaluation of prospecting areas. The study concludes (1) The reservoir of Sha-3(1) member is a set of coarse grain detrital sediment, belonging to river-shallow lake side depositional system with braided river delta facies. (2) Massive gritstone, trough cross-stratification

fine - middle sandstone , wave cross - stratification fine sandstone and parallel - stratification fine sandstone are the most favourable petrofacies for petroleum accumulation ; The combinations of Sf  $\rightarrow$  Mm , Sm  $\rightarrow$  Mm , St  $\rightarrow$  Mm and Sr  $\rightarrow$  Sh are the most developed petrofacies combination type , and also the most favourable for petroleum accumulation. ( 3 ) The sedimentary derivation is mainly northeast and southwest. The stretch of sedimentary facies , which is under control of tectonics , goes north - northwest and south - southeast. The sedimentary province is geographically high in the west and low in the east , and high in the south and low in the north.

**Key words** braided river delta    reservoir sedimentology    evaluation of prospecting area    Chengdao oilfield