

黄河三角洲胜利 I 号心滩的研究^①

钟建华 马在平

(中国石油大学勘探系 山东东营 257062)

提 要 黄河三角洲发育了大量心滩,胜利 I 号心滩是典型的代表。胜利 I 号心滩位于黄河胜利大桥北侧,长 1 200 余 m,最宽处 120 m 左右,呈纺锤形,中间高,两端和两侧低,纵、横向上均呈透镜状。中部和前端被多条水道切割成数段。通过研究,获得了如下认识:① 胜利 I 号心滩具有两种截然不同的沉积单元:一种是一般的心滩,另一种是沙泥(砾)丘和水洼、水道等组成的沉积单元;② 心滩进一步可以分为(一般的)心滩、水洼、水道和风成沉积单元,不同的沉积单元具有不同的特点;③ 胜利 I 号心滩上爬升层理非常发育;④ 以细碎屑沉积为主,细砂、粉砂是主体。

关键词 心滩 沉积相 三角洲 黄河

第一作者简介 钟建华 男 40 岁 博士后 构造地质学

心滩是黄河三角洲重要的沉积单元,同时也是某些矿产资源(煤等)形成和赋存的场所,因此,对它的研究不仅具有重要的理论意义,而且具有重要的实践意义。但是,到目前为止,人们对于心滩的认识还远远没有达到终极,尤其是对黄河这样一种特殊河流所形成的心滩更是了解有限。因此,通过一些典型的实例来研究认识心滩是很有必要的。

黄河近年来经常断流,导致许多心滩“连根暴露”,为详细研究创造了良好的条件。本次研究地点选择在东营市黄河胜利大桥附近,我们将胜利大桥之下北侧的心滩称为胜利 I 号心滩。

1 黄河(利津以下)水文特征

黄河是我国的第二大河流,其年平均流量约 400 亿 m^3 , 平均年输沙量近 10 亿 m^3 , 平均含沙量 25 kg/m^3 , 汛期含沙量高达 80~90 kg/m^3 , 最高可达 222 kg/m^3 ^[1], 是世界上含沙量最大的河流。汛期流量最大可达约 8 000 m^3/s ^[2], 一般多在 5 000 m^3/s 左右。

据胜利大桥上游 20 多千米的利津水文站观测,黄河中的搬运物质主要是细砂、粉砂和粘土。在悬浮组分中极细砂不足 10%, 粉砂约为 50%~70%, 粘土 30%~40%。其中以 0.016 mm 作为界线而具有不同的搬运形式和处在不同的搬运层位, 小于 0.016 mm 的颗粒主要以悬浮的方式搬运, 受季节性

影响不大;大于 0.016 mm 的颗粒则以推移或跳跃的方式搬运(表 1 和图 1)^[2]。

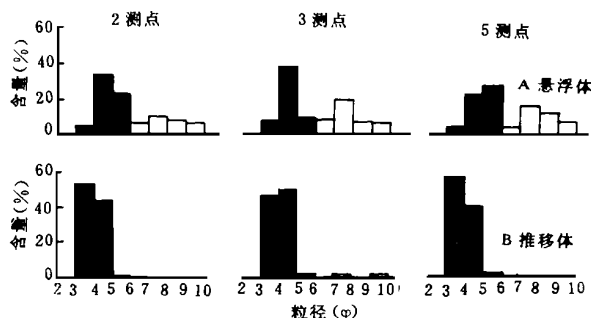


图 1 黄河利津站悬浮物质与床沙粒度分布
(据利津水文站,转引自成国栋,1991)

Fig. 1 Grain size distribution histogram of suspended load and bed load near Lijin hydrographic station of Yellow River

以上仅是黄河平水期的资料,洪水期情形就大不一样。1996 年上半年黄河全面断流,7 月 17 日晚黄河大桥开始来水,我们于 7 月 18 日前往胜利大桥观察黄河水文情况。发现 I 号心滩全部被淹。浑浊的洪水在心滩上以 3~4 m/s 左右的流速奔腾,形成了波高 30~50 cm,波长 6~7 m 的水波。有一个非常重要的现象是 I 号心滩上总有些地方发生涌浪和碎浪,它们高出一般波浪数十厘米,通常以 1 m/s 左右的速度向下游迁移,但迁移一段距离后消失。洪水流速稍缓时,我们可以看到产生涌浪和碎浪的地方

① 中国石油大学博士基金资助课题部分成果

收稿日期: 1996-09-24 收修改稿日期: 1997-11-10

往往有一个沙泥丘。原来是这种沙泥丘的阻挡使心滩上的洪水形成了涌浪和碎浪,并且波高明显增加,我们用图 2 表示。涌浪和碎浪的消失可能与沙泥丘或沙泥坝迁移一段距离后被“摊平”或被冲到其它注

槽或河道中有关。从这一实际观察到的现象也可以解释后文中将要提到的沙泥丘的形成机理。这一现象也表明胜利 I 号心滩在汛期甚至起了河床的作用。这主要是由黄河独特的水文性质所决定的。

表 1 黄河利津站断面流量含沙量分布表

Table 1 Sand content and discharge of the section of Yellow River in Lijin hydrographic station

日期	流量 $/(m^3 \cdot s^{-1})$	平均流速 $/(m \cdot s^{-1})$	平均含沙量 $/(kg \cdot s^{-3})$	黄河床底深 /m	含沙量 $/(kg \cdot s^{-3})$			
					$> 0.016 mm$		$< 0.016 mm$	
					河槽	漫滩	河槽	漫滩
九月四日	1237.50	1.72	42.60	表层	7.50	13.20	28.50	25.30
				1.00	22.50		26.30	
				0.10	56.9	30.10	23.90	17.40
九月九日	972.40	1.62	17.80	表层	1.70	3.00	11.00	9.70
				1.00	10.70		11.20	
				0.10	29.00	15.80	11.80	9.00
九月廿二日	227.10	0.61	6.61	表层	0.50	1.60	5.60	5.00
				1.00	1.10		6.20	
				0.10	2.80	1.80	6.40	5.00

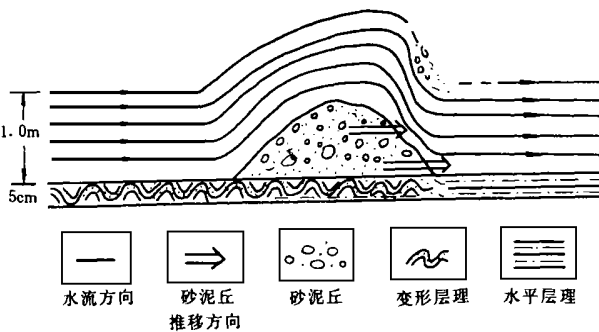


图 2 胜利 I 号心滩上洪水期涌浪和碎浪的形成示意图

Fig. 2 Sketch map of the formation of surge and surf during flood in Shengli I channel bar

2 胜利 I 号心滩的特点

2.1 心滩的形态及规模

胜利 I 号心滩平面上呈纺锤形,两头尖,中间宽,但中前部被多条河道或水道切割,被分成多段(见图 3),在横、纵向上均呈透镜状,中间高,两端或两侧低。心滩的中下部表面比较平坦,上部因发育了水道、水洼和沙泥丘而高低不平(图 3 及图版 I -1, 2, 3,)。心滩长约 1 200 m,最宽处 120 m 左右,长宽比接近 10: 1。

2.2 心滩的物质成分

胜利 I 号心滩的颗粒成分以细沙、粉砂为主,有少量泥,靠近底部或中上部的冲刷面上有泥砾(图版

I -4)。细沙、粉砂的分选性和成熟度介于差至好之间。中、下部以床沙载荷形式形成的沙质沉积物其分选性和成熟度较好,尤其是风成沙的分选性和成熟度则更好;而心滩上部的洪积沙泥(丘)其分选性和成熟度则很差(图版 I -2, 5)。

胜利 I 号心滩上的颗粒成分与上游 20 多千米的利津水文站观测结果既有相同之处,也有不同之处:相同之处是悬浮组分以细粉砂($< 0.016 mm$)和粘土为主。这种特点,主要取决于非汛期表层水所携带的悬浮沉积物特点(表 1);不同之处是胜利 I 号心滩悬浮组分中虽然有不少粘土,但粘土含量一般不足悬浮总量的 20%,而利津水文站观测到的细悬浮组分($< 0.016 mm$)中粘土含量占 30%~40%(图 1A)。这一点表明了胜利 I 号心滩仅把较粗的细悬浮组分截留住了,更细的粘土则有一半仍然被搬运进入了海口或边滩靠岸的“静”水处。

胜利 I 号心滩的矿物成分以石英为主,占矿物总量的 70%~80%以上,风成沙石英含量最高可达 90%,但有时因含细泥砾、植物碎屑而使分选性和成熟度变差;其次为长石,以斜长石为主;有少量粘土矿物,以伊利石、蒙脱石为主,高岭石也常可见,还有少量白云母、黑云母、普通角闪石、普通辉石、锆石、榍石、金红石、磷灰石、电气石、独居石、石榴子石等。

2.3 心滩的三维结构

2.3.1 平面结构

胜利I号心滩平面上明显具有三段结构:其前段以沟通心滩两侧河道水流的水道发育为特征,并伴有水洼、沙泥丘发育;中段以侧水道、进水道和出水道发育为特征;后段以一般的心滩发育为特征,但在黄河三角洲的其它心滩上其后段也有各种水道和水洼、沙泥丘发育(图3)。

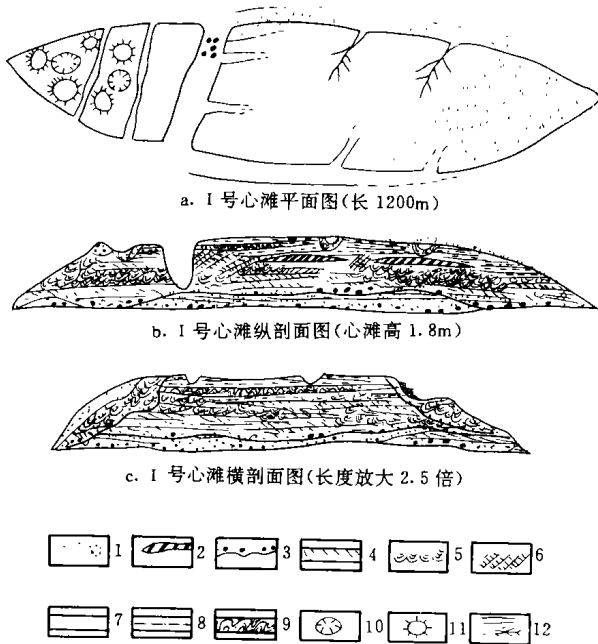


图 3 胜利I号心滩平面、纵横截面

1. 风成沙; 2. 风成沙楔; 3. 泥砾、冲刷面; 4. 板状交错层理;
5. 槽状交错层理; 6. 爬升层理; 7. 细沙; 8. 粘土沙质泥水平层理;
9. 变形层理; 10. 水洼; 11. 泥沙丘; 12. 水道

Fig. 3 Sketch map of the plane, longitudinal and lateral section of Shengli I channel bar

2.3.2 垂向结构

胜利I号心滩的垂向结构概括起来有三种情况(图3-4)。一种是由正常滩序列组成的结构,明显具有二元性;即中下部由底部滞流相形成的泥砾、细沙和粗粉砂组成,具有冲刷面,平行、板状、槽状、爬升及逆行沙波形成的层理(图4a及图版I-6, 7, 8, 9);发育上部以悬浮形成的细粉砂、沙质泥和粘土为物征,沉积构造以水平层理、波状层理、变形层理为特征(图4a及图版I-5),但常有洪积相的滞流沉积,使二元结构变得复杂。第二种情况是发育有水道相和/或风积相(图4b),当然,这种情况也可进一步分为两种更次一级的情形,即单独发育有水道相或风积相的情形。水道相以滑塌同生泥沙碎块为特征,具体特征后文中还将介绍;第三种情况是水洼相发育,并且常被洪水期的沙泥砾或碎块充填(图4c)。

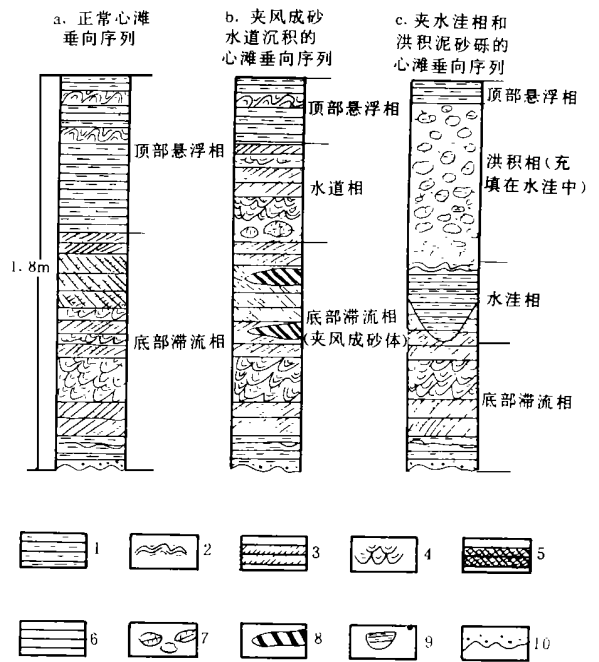


图 4 胜利I号心滩三种垂向沉积序列

1. 泥、沙质泥粉砂水平层理; 2. 变形层理; 3. 板状交错层理;
4. 槽状交错层理; 5. 爬升层理; 6. 细沙; 7. 同生砾;
8. 风成沙体; 9. 水洼相; 10. 泥砾冲刷面

Fig. 4 Three vertical sedimentary sequences of Shengli Channel bar

2.3.3 纵向结构

胜利I号心滩在纵向结构上也可分为三段;上段以水道相和水洼相及沙泥丘、沙泥坝发育为特征;中段以水道相发育为特征;下段则为正常的心滩相。

2.4 心滩的组成

胜利I号心滩进一步可以划分成心滩、水道、水洼及风成沉积单元,各有特点,以下专述。

2.4.1 心滩沉积单元

与一般的心滩相相同,主要经历了早期由河流床沙侧向加积构筑基底骨架和晚期由洪水悬浮垂向加积构筑“盖层”的两个阶段,其中一般没有发生过其它(异常)沉积事件,如图4a所示。

2.4.2 水道沉积单元

胜利I号心滩上发育了许多水道(图3及图版I-1, 3),这些水道在洪水期可以帮助分流河道泄洪和沟通心滩两侧分流河道的水力联系,或者在季节性降雨过程中排泄心滩上的面流。根据水道中水流及沉积物的特点可以分为横向水道、进水道、侧水道和出水道四种。

(1) 横水道,又称“裂流水道”^[3]。这是心滩上最大的水道,用以沟通洪水期心滩两侧分流河道的水

力联系,对心滩既有建设意义,也有破坏意义,横水道可以把沉积物送上心滩或沉积在其中,表现出对心滩的建设性;如果横水道进一步发展成分流河道时对心滩则有可能有破坏作用,如图 3 中的 3 号水道。

横水道中下部具有分流河道的沉积特点,但规模更小;上部具有心滩上部的悬浮垂向加积特点。

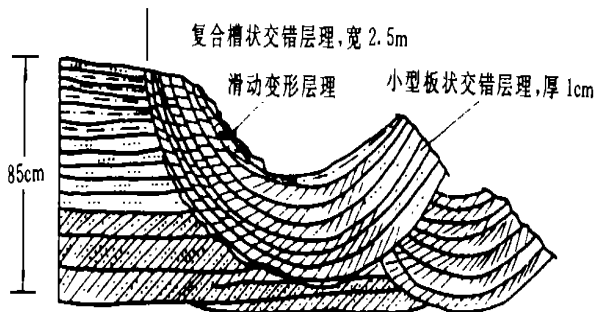


图 5 胜利 I 号心滩南侧侧水道示意图

Fig. 5 Sketch map of the lateral channel on the south side of Shengli I channel bar

(2) 侧水道,发育于心滩两侧(图版 I -10),但心滩南侧的发育较好,北侧的发育较差,这主要由于黄河主河道的水流在南侧凹岸 719 排灌站受阻后冲向北岸,由胜利 I 号心滩拦阻形成的。这种侧水道与一般的分流河道不同:它发育在心滩上侧部,规模不大,一般宽 2~3 m,或 5~7 m(图 5),长百余米。侧水道中的沉积特点有点类似于河道,其下也以冲刷面为底界(图版 I -10),紧接着便是大型槽状交错层理。但这种槽状交错层理不同于一般的槽状交错层理,实际上它们是一套由极小型的弧形板状交错(层理)层系组成的层系组(图 5)。

(3) 进水道,一般位于心滩前中部,汛期洪水通过它们进入心滩,规模一般不大,形态上具有前窄后宽、前深后浅的特点,宽度多在 1 至数米,深数十厘米到 1 m。沉积物粒度较细,多为粉砂,层理以各种小型的交错层理为主,底界同样为一冲刷面。

(4) 出水道,多位于胜利 I 号心滩北侧,因为北侧的地势偏低。出水道是汛期和季节性降雨的泄水道。其规模也不太大,宽度多在 1 至数米,长数米至二、三十米,深数十厘米至 1 m 多,中后部多分叉成树枝形(图 3 及图版 I -3),其沉积特点是多含滑塌沙泥碎块。

在胜利 I 号心滩的所有水道中或多或少都发育

了风成沙。

2.4.3 水洼沉积单元

在胜利 I 号心滩的前段发育了许多水洼,形态上呈圆形或不规则形,直径多在数米至十余米,深数十厘米至 1 m 多。规模较大的水洼有水道与外部相连,汛期或平水期河水可以通过水道进入水洼,季节性降雨也可以通过水道汇集到水洼中,因此,规模较大的水洼具有微型湖泊的水力学和沉积特点。因此,我们将其单独划分为一个“水洼沉积单元”。与一般的心滩相比,水洼沉积单元中有相对较多的粘土沉积和有机质,因此,有些粘土常呈深灰色,具腐烂臭味。水洼相多被汛期的洪积物充填,使心滩在水洼部位形成独特的沉积序列(图 4d)。

水洼旁边常有沙泥丘或沙泥坝发育,使地貌变得极端不平(图 3 及图版 I -1),结果使胜利 I 号心滩具有与以往描述的一般心滩所不同的特点。水洼的成因与流水冲刷等因素有关。

2.4.4 风成沉积单元

在胜利 I 号心滩,风成沉积单元非常发育,它们可以发育在各种水道、水洼中,甚至在心滩表面形成沙席(图 3)。在水道中多发育有沙锥、沙链和沙楔(图版 I -10)。在 I 号心滩的垂向序列中也能识别出 1~2 个风成沙体。

在黄河三角洲的许多心滩上风成相是非常发育的,这与黄河近年来的干旱有关,也是黄河三角洲心滩(包括胜利 I 号心滩)的一个重要特点,这一点明显有别于其它河流上的心滩。地质历史上是否也有诸如胜利 I 号心滩的心滩发育呢?限于篇幅,有关风成相的问题将另文专述。

2.5 几种典型的沉积构造及现象

2.5.1 爬升层理

爬升层理在胜利 I 号心滩的垂向序列中非常发育(图版 I -6, 8, 9),有时可以占整个序列的 1/4~1/3。一般发育在中部,以细细沙和粉砂最易发育这种层理,根据其特点可以分为四种:沙波爬升层理,前积层—沙波爬升层理,沙波—前积层爬升层理及前积层爬升层理,如图 6 所示。图 6 中的 a 至 d 是一个粒度增粗、流速增大的系列。这些爬升层理的形成得益于黄河独特的水文性质——高含沙性。

2.5.2 变形层理

象其它许多心滩一样,胜利 I 号心滩也发育有变形层理(图版 I -4)。它们主要发育在心滩上部的悬浮垂向加积层中,这些加积层主要是一套(细)粉

砂和沙质泥

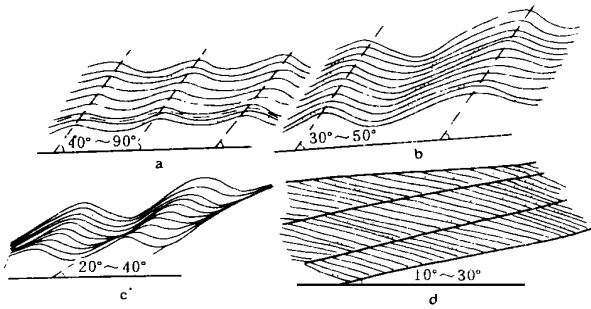


图 6 胜利 I 号心滩的四种爬升层理

Fig. 6 Sketch map of the several climbing beddings in Shengli I channel bar

胜利 I 号心滩上的变形层理按成因主要有两类,一类是发育于水道中的滑动变形层理(图 5),它们的分布比较局限;另一类是发育于整个心滩上的流水牵引变形层理,它们以分布广泛,层位稳定,变形强烈及顶部常有泥沙砾屑层(图版 I -5)为特征。它们的成因主要是由汛期洪水牵引泥沙丘拖曳形成的,如图 2 所示。这些由流水牵引形成的变形层理轴面有时可以倾向水流方向,但有时也可以倾向水流相反方向。可以肯定,有相当一部分过去认为是包卷层理的变形层理其成因与胜利 I 号心滩上的变形层理成因相同,是由汛期的洪水通过推移底部沉积物牵引形成的。

2.5.3 风成构造

胜利 I 号心滩的风成构造也有发育,主要有风蚀蘑菇,风蚀沟槽和风蚀洼地,当然还有风成波痕和风成层理。风成构造的发育也可谓是胜利 I 号心滩的特点之一。

2.5.4 沙泥丘

这是胜利 I 号心滩前段发育的特征性沉积体,黄河其它心滩上也常可见到,其高度一般在数十厘米,直径 1~2 m 或 3~4 m,形态有锥形或不规则形(图版 I -1)。

沙泥丘实际上是一种土状泥砾与沙的混合物(图版 I -2),土状泥砾的直径多在 3~5 cm,松散如耕土。

沙泥砾丘实际上是汛期洪水“爬”上心滩,将其中携带的大量底部滞流体“丢下”形成的,如图 2 所示。这一点可能只有水文条件独特的黄河才能办得到:黄河含大量泥沙,使河道淤塞严重,利津水文站以下大部分主河道仅比心滩、边滩低 1 m 多,且宽度也不大,如胜利 I 号心滩两侧主河道分别宽 20~30 m 和 30~50 m,而黄河汛期最大流量可达每秒 8 000 余 m^3 (1976)^[2],这样洪水免不了要“爬”上心滩、边滩,并且以高速流动,实际观察也证实了这一点(如前文所述)。这种情况下心滩(或边滩靠河道处)自然也就成了泄洪河道,必然会接受泥沙砾丘这种河床底部的滞流物质,形成胜利 I 号心滩独特的沉积现象和沉积体。沙泥(砾)丘是汛期洪水对(近)上游心滩、边滩侧蚀或侵蚀再经搬运沉积形成的。泥砾呈松散耕土状是干涸的粘土经水突然浸泡所形成的。

3 结论

通过对黄河三角洲胜利 I 号心滩的研究,我们获得了如下几点结论:

(1) 胜利 I 号心滩具有一般心滩所没有的特点,主要表现在它是由一般的心滩和水道、水洼和风成沉积单元所组成的一个复合体。

(2) 胜利 I 号心滩上爬升层理非常发育,是一种沉积物“过剩”的产物。

(3) 胜利 I 号心滩的前端发育了大量沙泥砾丘,这是汛期河床滞流沉积“爬”上心滩的结果,是由黄河独特的水文条件决定的。

致谢:石油大学提供了野外科考资助,姜在兴教授提出了宝贵的修改意见,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 成国栋主编. 黄河三角洲现代沉积作用及模式. 北京:地质出版社, 1991. 17~20
- 2 高善明,李元芳,安凤桐等. 黄河三角洲形成和沉积环境. 北京:科学出版社, 1989. 13
- 3 姜在兴,王留奇,马在平等. 黄河三角洲现代沉积研究. 山东:石油大学出版社, 1995. 50

(Continued on page 51)

技术出版社, 1997. 3- 12

Late Paleozoic Sedimentary System and Paleogeographic Evolution of Ordos Area

Guo Yinghai¹ Liu Huanjie¹ Quan Biao¹ Wang Zecheng² Qian Kai²

¹(China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221008)

²(Langfang Branch, Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Langfang Hebei 102801)

Abstract

Based on the synthetic study of field outcrops and drilling section data, and using new stratigraphic division program, this paper proposes that the paleogeographic pattern of Ordos area was the compound sedimentary system of epi-eric sea carbonate platform-clastic barrier island-shallow water delta. Influenced by aeral tectonic background, the late-Paleozoic basin filling included four stages from the filling of the rift bay basin coexisting with shallow-rifting epi-eric sea, the filling of epi-eric sea, the filling of par-alic inland sea to the filling of inland lake depression. The evolution of areal paleogeographic pattern was from the compound system deposition of epi-eric sea carbonate platform-clastic barrier island-shallow water delta to delta-fluvial system deposition and at last the fluvial-lake system deposition. The development of sandy reservoir body was controlled by sedimentary environments. The sand bodies mainly distribute in the central and northern parts of Ordos area, and mainly the fluvial-delta sand bodies.

Key words epi-eric sea sedimentary system lithofacies paleogeography sandy reservoir body Late Paleozoic Ordos

(Continued from page 42)

Study on the Shengli¹ Channel Bar of Yellow River Delta

Zhong Jianhua Ma Zaiping

(Exploration Department, University of Petroleum, Dongying Shandong 257062)

Abstract

Channel bars are often observed in the Yellow River Delta and the Sheng Li¹ Channel Bar, which is located to the north of the Sheng Li Bridge, is a typical one among them. It is 1 200 meters long and may get 120 meters wide at its broadest part. The spindle-shaped Sheng Li¹ Channel Bar is observed lenticular from its longitudinal or lateral side and cutted by water courses into several parts. The central part is higher than its ends and sides. After a more detailed study, several conclusions, are described as follows:① there are two quite different kinds of sedimentary units in the channel bar. One of them is that described before, and the other one may consists of sand of muddy gravel dunes and small water ditches; ② channel bar is not the smallest unit in sedimentary facies division. It may be divided into the ordinary channel bar, watercourse, water ditch and eolian deposit facies in the Yellow River Delta, and every facies has its own characteristics;③ climbing beddings are widely developed in the channel bar;④ sediments in the channel bar are mainly fine-grained sand of silt.

Key words channel bar sedimentary facies delta the Yellow River

图版 I -1.横水道、水洼及沙泥丘;I -2.沙泥丘的泥砾及沙;I -3.出水道;I -4.底部滞流泥砾;I -5.洪积细泥砾及变形层理(构造);I -6.沙波—前积层爬升层理;I -7.小型板状、槽状交错层理;I -8.无冲蚀切割的前积层爬升层理;I -9.有冲蚀切割的前积层爬升层理;I -10.侧水道