

济阳坳陷下第三系碎屑岩微观相标志

陈淑珠

(胜利油田地质科学研究所)

济阳坳陷系陆相断陷湖盆，具有近物源、多物源的特点。它位于山东省北部，包括东营、沾化、车镇和惠民等四个凹陷（图1）。东营凹陷下第三系沙河街组第三段的中、下部大段暗色泥岩中夹有多种砂岩体，是形成岩性油气藏的重要含油层系，是高压、高产的良好储集层，为当前增加新油气储量的主要目的层。作者选择东营、沾化凹陷中的7口系统取心井，并着重观察分析了32口井的600多个薄片，综合应用岩心、电性、粒度、古生物及砂岩体形态等资料进行单井微相分析，即从已知到未知，总结出两个沉积体系、四种水流性质的五个相、八个亚相、十一个微相的九项十五种微观相标志和其他标志。

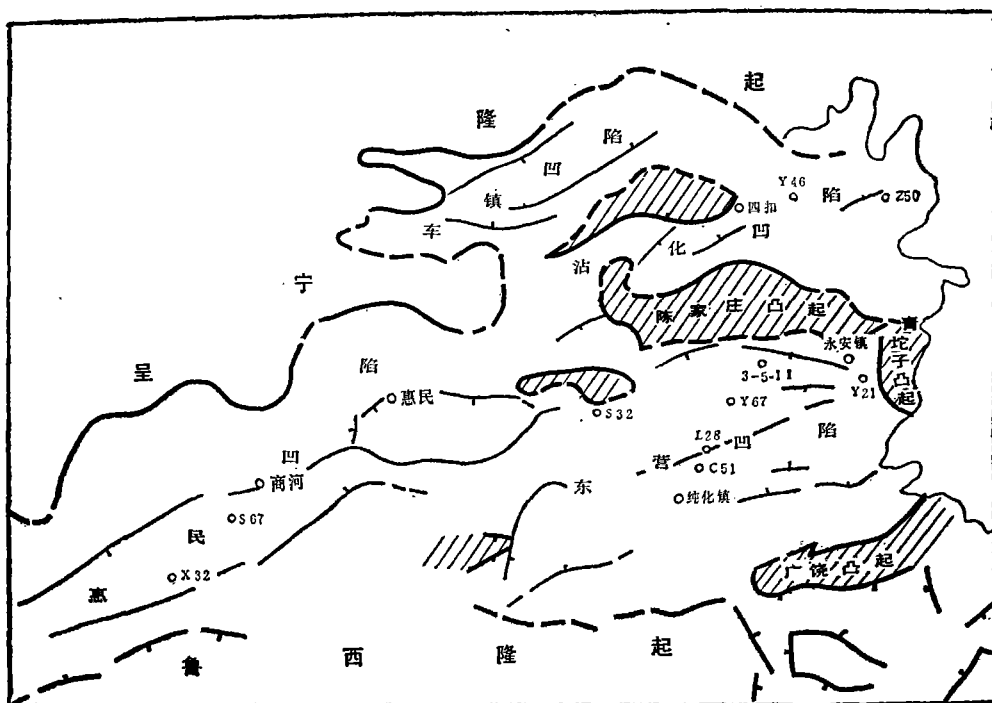


图1 济阳坳陷I区主要井位分布图

Fig. 1 Locations of main wells in Jiyang Depression.

济阳坳陷与我国东部的其它断陷盆地相似，其沉积环境受构造的升降运动和古地貌的控制，在不同的古地理环境中形成各种不同成因类型的砂岩体。（表 2）分别属于四种水流性质（包括重力流、波浪—湖流、河流和水下重力流）。它们的沉积特征和微观相标志有明显的差别（表 1），现分别概述于下。

表 2 沉积环境与砂体成因类型的关系

Table 2 Relation between sedimentary environment and genesis types of sandbodies.

地 区	地壳运动			层 位	沉积环境	主 要 砂 岩 体
	时期	阶段	降(↔)升			
东 营 凹 陷	三	5		沙 河 街 组	沙 2 上段 1 砂组底—沙 1 段顶	滨—浅湖 浅水扇、湖滩砂、浅滩砂
		4			沙 2 上段底—沙 2 组顶	冲积平原 洪积扇、河流点砂坝
	二	3			沙 2 下段	三角洲平原 分流河道砂
		2			沙 3 上段	浅 湖 河口砂坝、水下砂堤、湖滩砂、浅滩砂
	一	1			沙 3 中—下段	深—半深湖 浊积扇、水道砂

一、三种水下重力流砂岩体的沉积特征和微观相标志

区内见到三种重力流沉积类型即深水重力流水道沉积、半深水浊积扇沉积和浅水扇（水下扇）沉积。它们各自具有不同的特征和微观标志：

在纵向上，多层碎屑岩夹在大套湖相泥岩和薄层白云岩中。其自然电位曲线呈筒形或箱形，有完整的或不完整的鲍马层序；常见递变层理和平行层理；沉积韵律一般在下部为反韵律（由若干个正粒序层组成）和在上部为正韵律组成的完整韵律（图 2-2）；碎屑沉积物为递变悬浮搬运方式，表现在粒度 C-M 图象为平行於 C=M 基线。而且概率曲线也无牵引总体，悬浮总体曲线较平缓（图 2-1，2-2，2-3）。

在镜下，水下重力流沉积具有 5 个典型的共同的微观相标志：

“混杂”结构 在粗碎屑之间混杂细碎屑，多见於鲍马层序的 A 段含砾不等粒砂岩中（图版 I，1）。这是因大量沉积物在重力作用下快速沉降，粗细粒沉积物来不及彻底分异而形成。

似斑状结构 斑状碎屑比其周围的碎屑大而少得多，故颇似斑状。常见於鲍马层序的 B、C 段的细砂岩和粉砂岩中（图版 I，2）。

撕裂屑 即盆内同生泥屑，以往在镜下曾误认为泥质胶物和录井图描述中的泥质条带。其颜色、层理等特征与盆内泥岩相同，但形状特殊，多呈不规则的片状，无滚动搬运的痕迹。多分布於粉细砂岩中（图版 I，5），这是重力流侵蚀湖底的产物。

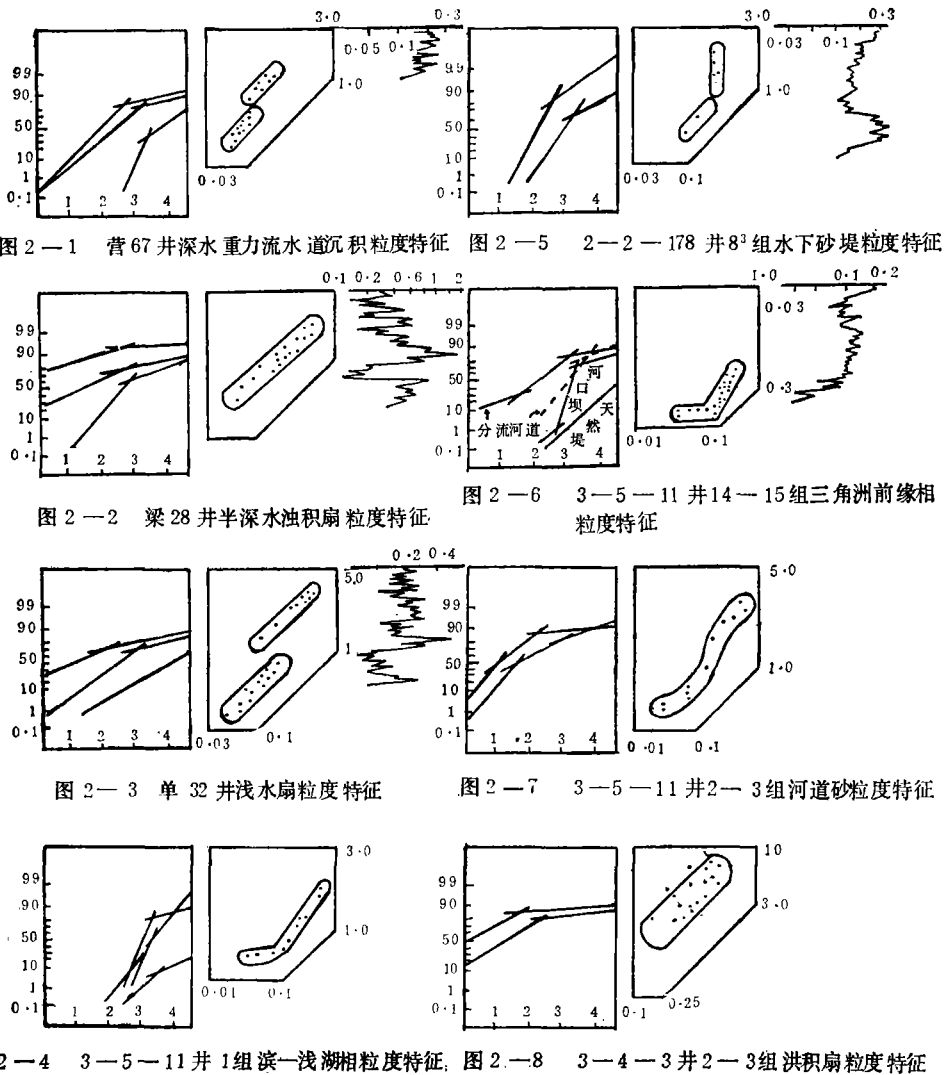


图 2 各种沉积环境粒度特征

Fig. 2 Grain size characteristics of various sedimentary environment.

特殊胶结类型 “灰泥杂基”胶结，是“隐晶灰质或白云质+泥质+粉砂”充填於粗碎屑之间，亦称碎屑充填基底式或碎屑充填孔隙式胶结。“串珠”状胶结，是显微晶白云石或铁白云石围绕碎屑胶结（图版 I，3）。薄壳状胶结，是隐晶白云石或灰质围绕碎屑胶结。这三种类型是浅水扇（水下扇）沉积的常见标志。其最基本的形成条件是在浅水沉积环境中含有碳酸盐和低价铁离子。此外因碎屑粗、分选差、沉积速度快而形成前一种胶结类型。当碎屑沉积物较细，分选较好，在较弱的波浪作用下则形成后两种胶结类型，其中薄壳状胶结，近似表鲕。

特殊显微构造 显微粒序递变层理，常见于重力流沉积的中一下部，相当于鲍马序列的A到B段，因递变悬浮沉积而形成（图版 I，4）。滑动变形构造，常见于重力流沉积的上部，相当于鲍马层序的C段，在重力作用下滑动而成。负荷构造，常见于撕裂

屑中(图版 I, 6), 因滑动或压实作用使碎屑嵌入撕裂屑而形成。

各种重力流宏观沉积特征及其明显的区别叙述如下:

1. 深水重力流水道沉积:

它位于东营凹陷中央隆起带的边缘, 砂岩体的形态呈透镜状, 与近东西向断裂走向平行。产在深灰色泥岩中, 物源区以东面青坨子凸起为主。Y67井沙三中砂岩体沉积层序具有远源深水重力流水道沉积特点(图3): (1)碎屑沉积物较细, 鲍马层序齐全。砂岩以细砂级和粉砂级为主, 次棱角状, 少数次圆状, 分选较差到中等。在C-M图中 I_m 值和C/M最大值较小。概率曲线的悬浮总体的斜度较高(图2-1); (2)粉砂岩中含较多撕裂屑, 常与植物茎、叶屑形成波状纹层; (3)常见冲刷构造、滑动变形构造和负荷构造; (4)异化颗粒极少, 偶见砂屑或介形虫碎片等浅水区沉积物。

泥岩多系深灰色、灰黑色, 具平行层理, 并罕见介形虫和螺化石等底栖生物, 而常见鱼骨、鱼鳞化石。表明其沉积环境的水较深。具有还原条件。

综上所述可知: 本区碎屑沉积物主要由三角洲沉积区滑塌作用、次为洪水作用搬运到深湖内形成重力流水道沉积, 砂体呈透镜状, 分布方向与物源方向一致, 因而不是河口砂坝沉积。

2. 半深水浊积扇沉积

位于东营凹陷南部靠近南坡与凹陷中心之间的梁家楼地区沙三中段, 其砂岩体形态从南到北(C51井到L28井)由长条形转变为扇形, 即从浅水一半深水重力流水道沉积到半深水浊积扇沉积。砂岩体厚度由42米变为27米, 粒度也相应变细。表明沉积区的水体由浅变深, 物源方向是由南向北。宏观和微观相标志主要是:

(1)鲍马序列A、B段发育(图4), 递变层理在岩心和镜下均常见(图版 I, 4)。(2)异化颗粒和正化组份的含量很少。但比深水重力流水道的多见。(3)碎屑粒度粗, 组份复杂, 多为不等粒砂岩。颗粒既有次棱角状, 又有少量次圆状。表明其不但有洪水搬运来的石炭系碎屑砂岩沉积物, 又有沿岸三角洲滑塌的沉积物。这种被圆化的碎屑是再沉积的。(4)分选性差, 但比浅水扇的好。表现在CM图中 I_m 值和C/M值较小。而且, 概率曲线也较陡(图2-2), 具有半深水浊积扇沉积特征。在C51井2970.2米的灰色泥岩中局部为红色, 且粒度概率曲线有少量牵引总体, 因此有人认为是水上河道沉积。但是, 浅水水下河道沉积由于有牵引流的影响, 可有少量滚动沉积。根据介形虫、螺化石的壳壁较厚, 可指示其浅水沉积环境。综上所述(图5), 解释为浅一半深水重力流水道沉积较合适。

3. 浅水扇(水下扇)沉积:

它是浅水重力流沉积之一。位于凹陷陡坡大断裂带的近湖盆边缘。由洪水暴发携带的碎屑物质, 在湖水下快速堆积成的一系列扇群。如东营凹陷北坡从西到东有S32井沙三及沙四段、T6井沙三段、3-4-3井沙二段1砂组, Y53井沙四段和沾化凹陷义东断裂带下盘的D81-6井沙二段等砂层都属这类扇群砂体。其沉积相标志有近源的, 冲积的和浅水沉积, 又有扇根一扇中的重力流沉积的特点沉积。

(1)砂岩结构成熟度低: 粒度范围宽, 组份复杂, 常见砾状不等粒砂岩。磨圆度差, 棱一次棱角为主, 罕见次圆状, 分选性极差一差, 概率曲线平缓(图2-3)。CM

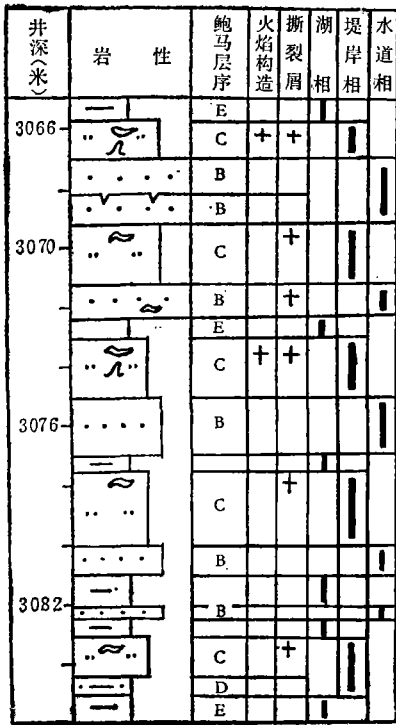


图3 营67井深水重力流水道沉积
Fig. 3 Sediments of abyssal gravity current of Well Ying 67.

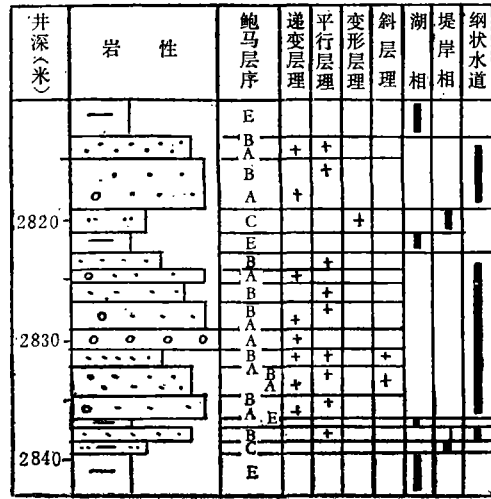


图4 梁28井半深水浊积扇沉积
Fig. 4 Sediments of semi-abyssal turbidite fan of Well Liang 28.

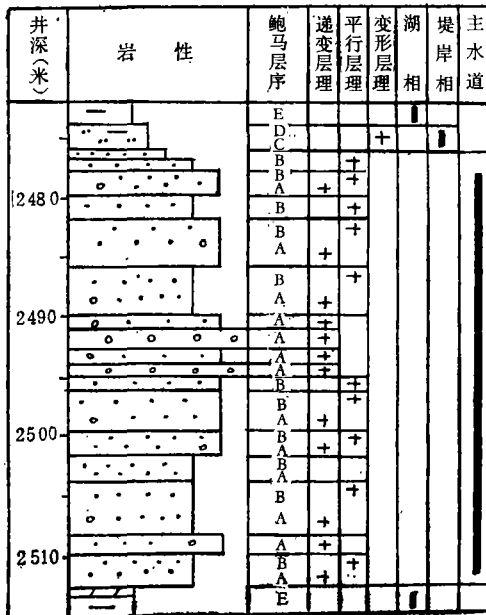


图5 纯51井浅水—半深水重力流主水道沉积
Fig. 5 Sediments of the main channel of shallow water and semi-abyssal gravity current of Well Chun 51.

图中 I_m 值和 C/M 值比其他重力流沉积的大。(2) 成分成熟度低: 含较多不稳定的岩块, 如古生代的碳酸盐岩块, 细粉砂质岩块等。(3) 递变层理发育(图5), 在岩心和镜下均可见到。此外还有滑动变形构造。(4) 异化颗粒的种类和数量较多, 有的砾屑具干裂缝, 部分鲕粒呈破碎状(图版 I, 6), 表明其为浅水区的沉积物, 并曾露出水面。(5) 正化组分较多, 并具有特殊的胶结方式, 如前所述。(6) 相的共生组合: 有浅滩相鲕状白云岩、生物白云岩及浅湖相泥岩等。湖相泥岩中的化石种类和数量较多, 有华北介、螺和鱼骨等。

二、波浪-湖流沉积

由于水动力是以波浪和波浪与湖岸斜交所产生的湖岸流为主, 并有程度不同的牵引流影响。所以沉积特征既与浊流、河流沉积有明显差别, 又有相似之处, 特别是宏观沉积特征——沉积层序、沉积韵律和沉积构造等都不很典型, 但却具有六个独特的微观相标志:

1. 结构成熟度很高, 碎屑的磨圆度较好, 长短轴比小, 尤其在正韵律的上部和反韵律的下部更为突出。磨圆度除以次棱角状为主外, 还有次圆状, 轴比为 $1:1-1:1.5$, 标志波浪作用强, 而河流作用较弱。

2. 碎屑分布均匀, 无明显的定向排列。

3. 粒度组份简单, 粒度范围小, 一般为细砂和粉砂。分选性好到中等, 一般泥质含量少。

4. 成分成熟度高, 石英含量一般大于50%, 岩块含量较低。碎屑表面洁净。而重力流和河流沉积的成分成熟度均较低, 碎屑表面不干净。

5. 反韵律为主。由于各微相所处的沉积环境不同, 也有正韵律出现(如湖滩砂和浅滩砂)。

6. 异化颗粒和正化组分较多。异化颗粒中有砂屑、鲕粒和生物化石(介形虫、螺、鱼骨及软体动物碎片)。正化组分有显微晶-隐晶的白云石、铁白云石和灰质。

根据微观相标志本区的波浪-湖流沉积又可细分为四种主要类型:

湖滩砂 位于滨湖区的洪水期水面和枯水区水面之间, 有洪水的影响, 又有拍岸浪和回流的作用。其沉积特点介于湖相与河流相之间, 如东营凹陷胜坨油田3-5-11井沙二段1砂组, 其微观相标志主要是: (1) 异化颗粒和正化组分较多, 泥质较少。原生白云石常被铁方解石交代。介形虫、表鲕、螺碎片较多, 还偶见虫孔。(2) 正韵律沉积, 从中砂到粉砂。(3) 分选中等, 尤其是砂岩的分选性比河流相好。(4) 圆度较差, 成分成熟度较低。这两个特点与河流相较相似。

浅滩砂 位于浅湖区, 正韵律沉积, 与滨湖相为过渡关系, 两个相带的具体界限不易区分。其微观相标志主要是: (1) 岩石类型以粉砂岩为主, 磨圆较多为次圆状。(2) 含较多表鲕和隐晶白云石, 其中含较多泥质。(3) 介形虫碎片较丰富并组成平行波状层理。

河口砂坝 它属于三角洲前缘相, 在东营凹陷胜坨油田沙三上地层中普遍发育建

设型三角洲砂岩体。微相标志较明显：（1）粒度组分简单，以细砂粉砂为主，并呈厚层状反韵律，自然电位曲线呈漏斗状。（2）磨圆度好，较多次圆状，在CM图上“滚动”-“递变”段很短（图2-6）， I_m 值很小。石英含量高，但随着反韵律的变化含量向上降低。分选性和磨圆度也相应变差。（3）泥质较少，碎屑表面干净，这与波浪淘洗作用有关。而且概率曲线有双跳总体也表明有波浪的冲流和回流作用。（4）碎屑和胶结物分布较均匀，原生孔隙性较好，但也常见碳酸盐次生溶孔或亮晶方解石充填孔隙。（5）原生隐晶碳酸盐较少，常见个别生物碎片和砂屑，罕见鲕粒。（6）相的共生组合：与该微相共生的有水下分流河道（具低角度波状交错层理）、水下天然堤（具爬升层理）和砂坝末端沉积。砂坝末端沉积在纵向上位于河口砂坝底部，特点与河口砂坝相似，不同的是隐晶白云质和泥质一般大于10%。此外还可见到完整的介形虫化石。粒度CM图以“均匀悬浮”为主。

水下砂堤：位于砂质供应充分的浅湖区，如东营凹陷北部2-2-178井沙三上第8³砂层组的水下砂坝，系河口砂坝经波浪改造而成。砂岩体平行湖岸分布。微观相标志与河口砂坝相似，但根据韵律性、相序组合、粒度特征和砂体形态亦可以区分。水下砂堤的特点是下部为正韵律，上部为反韵律，以细砂为主，次为中砂和粉砂。下部分选性和圆球度比上部差。上部反韵律沉积特点与河口砂坝相似，不同的是含有少量滚动组分，因而表现在粒度CM图上中值分布范围小而集中，说明分选很好。但由于C值变化大，因此图象几乎垂直于横座标（图2-5）。

三、水上牵引流沉积

这里指的是冲积平原河道和三角洲平原分流河道沉积，普遍发育在胜坨油田沙二上和沙二下，由于河流的水动力是单向的推力和载荷力，侧向侵蚀和侧向加积作用强，故其微地貌单元多，沉积物变化大，其主要沉积特征为：

1. 在纵向上，冲积河道—天然堤—河漫滩为正韵律沉积层序，自然电位曲线呈钟形。分流河道和沼泽相等为共生组合。电阻率曲线呈锯齿形间夹指形；

2. 粒度粗细的变化使各微相的沉积特征发生改变，即从冲积河道—分流河道—天然堤，粒度从粗到细，粒度组分及矿物成分由复杂到简单，泥质含量由少变多，分选性由差变为中等，矿物成熟度也相应变高。

3. 冲积河道沉积，层序以砾岩、砾状粗砂岩、中砂岩和细砂岩为主，为正韵律沉积，成层性清楚，碎屑具定向排列。分流河道沉积以细砂岩为主，有较多云母和炭屑，定向分布明显。而天然堤为粗粉砂和细粉砂，分布不均匀，云母和炭屑较多，略具定向性。

四、水上泥石流沉积

它也是重力流沉积之一。系由大量的，高密度的砾、砂和泥等沉积物被洪水带到山麓而快速堆积在冲积扇的根部而成。东营凹陷陈家庄凸起胜坨地区的3-4-3井沙二段第

二到第三砂层组属此，它是接近扇中的扇根泥石流沉积。其沉积特征如下：

1. 纵向层序上每个单层由底向顶部粒度有变细的趋势，一般为不太明显的正韵律，自然电位曲线呈齿形—钟形，表明层序变化快。
2. 岩石类型主要为细砾岩和不等粒砂岩。
3. 碎屑排列杂乱，无定向性，多呈“杂基”胶结（图版 I, 7）。
4. 结构成熟度很低，分选性极差， I_m 与 C/M 值很大（表 1），分选系数为 2—4.63。概率曲线平缓，无牵引总体，CM 图象平行于 C=M 基线（图 2-8），表明其为递变悬浮沉积。
5. 成分成熟度很低，成分很复杂，石英含量很低，岩块含量很高，常见喷出岩块，粉砂质岩块和泥质岩块等与母岩一致的不稳定成分。此外，还有较多片状矿物（黑云母）。

总之水上沉积具有共同的微观相标志：无异化颗粒和正化组分。磨圆度以棱角—次棱角状为主，罕见次圆—圆状。正韵律为主，结构成熟度比波浪—湖流沉积的差，而与水下重力流沉积的相似。

综观各类砂岩体沉积相标志的分析，说明本区断盆砂岩体的形成条件是复杂的，母岩类型多，物源近，沉积速度快，特别是湖盆内的古地形和水动力条件变化大等，因而分析砂岩体成因较困难。但是，只要从宏观和微观各种资料综合分析，砂岩体的成因还是可以识别的。

五、结 论

通过碎屑岩微观相标志的初步探索研究有以下几点认识：

1. 在具备一定勘探程度的地区单独应用碎屑岩的岩心，岩屑或井壁取心薄片镜下观察，可以建立起沉积相的微观标志，并可用它来划分沉积体系、不同水流性质沉积的相、亚相和部分微相。

表 3 东营、沾化凹陷沙三中一下砂岩体预测

Table 3 Prediction of sandbodies in ES_3^{m-L} of Dongying and Zhanhua depressions.

地 区	沉积环境	砂 岩 体 预 测			物 源 区
		成 因 类 型	分 布 位 置	分布方向	
东营 凹陷	东营 —辛镇 梁家楼 —牛庄 —六户 深 湖	水 道 砂	东营凹陷中央隆起带及其以东	东—西	青坨子凸起
		浊 积 扇	东营凹陷南斜坡以北凹陷	南—北	鲁西隆起及青坨子凸起
		三角洲前缘砂	东营凹陷南斜坡	东—西	
永安镇	滨 湖 — 浅 湖	浅 水 扇	陈家庄凸起以南、永21井—永26井以北	南—北	陈家庄凸起
沾化 凹陷	桩西	浅水扇、湖滩砂、浅滩砂	桩7井—桩E8井以西，桩90井—桩57井以东，	东—西	五号桩凸起
	河口	半深湖—深湖	水道砂	渤海油田的西南及北东凹陷内	北东

2.几个实例分析结果(从略)表明:应用碎屑岩微观相标志可以进行砂体成因分析及新砂体的预测,扩大新的勘探领域将有实际指导意义(表3)。

3.在新探区建立一两口岩心井标准相剖面,在此基础上可大量采用岩屑薄片做相分析,以便开展区域性岩相古地理研究。因为取心井毕竟不多,只要保证岩屑录井质量,应用岩屑薄片做相分析较之岩心具有速度快、成本低、经济效益大的优点。

本文承蒙周自立高级工程师、吴崇筠教授审阅,谨此深表感谢。

(收稿日期1983年12月)

参 考 文 献

- (1)吴崇筠等,1982,油区岩相古地理,石油工业出版社。
- (2)C.E.B.科尼比尔,1982,砂岩体油气田地貌学,石油科学进展4,吴崇筠译,石油工业出版社。
- (3)R.G.沃克编,1983,沉积相模式,P8—21,87—99,项仁杰等译,地质部情报研究所出版。
- (4)陈淑珠,1984,济阳拗陷河口地区沙三段砂岩沉积环境浅析,石油勘探与开发 第2期。

MICROFACIES MARKERS OF CLASTICS OF THE LOWER TERTIARY IN JIYANG SAG

Chen Shuzhu

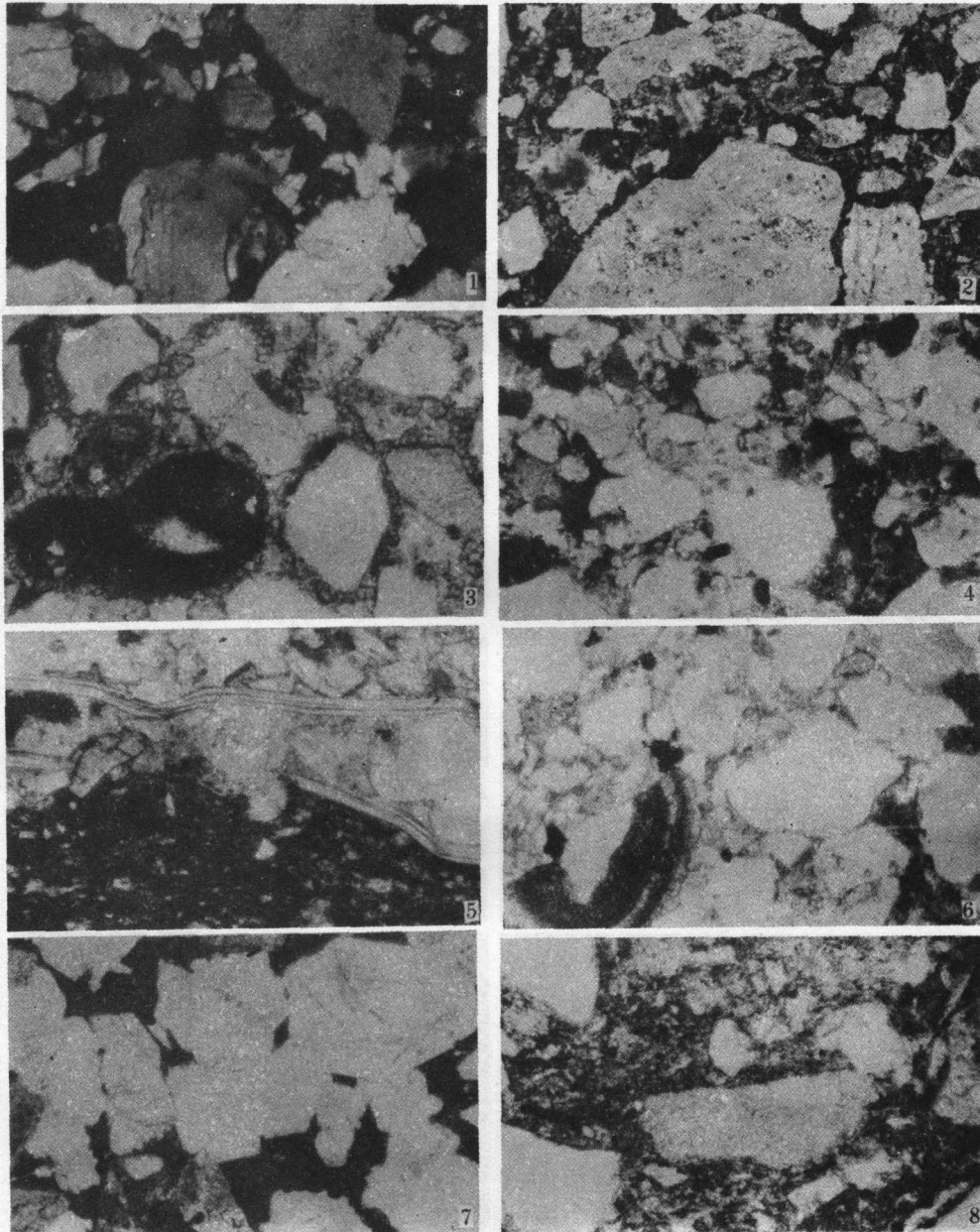
(The Geological Research Institute of Shengli Oilfield)

Abstract

The application of microfacies markers to the identification of sedimentary facies has been rarely found at home and abroad. It only shows a preliminary attempt at present. With the progress of the exploration and development of the Jiyang Sag, it has been a main task to seek non-anticline reservoirs. It is an important way to search lithological reservoirs according to the types of genesis and depositional conditions of various kinds of sand bodies. Consequently, in unknown areas it is an urgent subject to study the microfacies markers in the present oil and gas exploration by the thin section analysis of cuttings. Therefore, the writer has observed over 600 thin sections of cores and cuttings from 7 cored wells and 25 cut wells in Dongying and Zhanhua depressions. Based on them, 9 types including 15 microfacies markers and other markers have been obtained in Tertiary clastic rocks in this area (Table 1). With these markers, the following has been classified: two sedimentary systems above and below water and 11 microfacies (including deep-lake channel of gravity, semi deep-lake turbidite fan, shallow lake fan, sand in lake bank, sand in shallow bank, estuarine bar, subaqueous sand

barrier, distributary channel, levee, alluvial channel and alluvial fan, etc.) of four types of currents (subaqueous gravity current, wave-lake current, drag current above water and mud-rock flow). The identification of two sedimentary systems and sediments of four types of currents of the Tertiary clastic rocks in the study area are described as follows: Various dissimilar grains and cryptocrystalline carbonate cements can not be seen in sedimentary system above water. On the contrary, they appear in subaqueous sedimentary system. The sediments of subaqueous gravity current are characterized by "mixed" fabric, "porphyritic" fabric, "lime-mud matrix" support, tearing fragments, mixed types of dissimilar grains with small quantity, sliding deformed bedding, graded bedding or load texture, etc.. The characteristics of the sediments of the current along the shore are a high maturity composition and fabric, uniformly arranged fragments and reversed rhythm, and more dissimilar grains and cryptocrystalline carbonate cements. The fluvial and mud-rock flow sediments have a low maturity of composition and texture, fragments with oriented arrangement or uniform distribution, and markable normal rhythm. Especially, the mud-rock flow sediments have lower maturity of texture and composition, disordered fragments and "matrix" support, without notable rhythm.

Moreover, in light of the differentiation of 15 microfacies markers in clastic rocks and the characteristics of other markers as well, 11 microfacies can be further identified (Table 1). The results show that it is difficult to analyze the origin of sandbodies due to the complex conditions of the formation of sand bodies in downfaulted basin in the area, such as, more types of matrix, close to sources, rapid sedimentation and a large change of paleogeomorphology and hydrodynamics, etc.. The origin and regularity of distribution of various types of sandbodies have been recognized by general macro-microanalysis information. In each stage of each sedimentation period, the basin underwent expansion--contraction--expansion, during which sandbodies with different origins were formed. This was closely related to the depositional environment and oscillation of the earth crust (Table 2). Based on this understanding, the preliminary prediction on the distribution of sandbodies is presented by the author. The practice indicates that a better and faster result can be achieved in the respect of broadening the new area of prospecting through the analysis of the genesis of sandbodies and the prediction of new sandbodies by classifying sedimentary facies with the micro-indicators of the sections of cores and cuttings, thus becoming an effective guidance in oil exploration of this area.



1. 半深水浊积扇不等粒砂岩具“混杂”组构, 正交, $\times 40$, 梁28井沙三中 2. 浊流沉积细砂岩具“似斑状”组构, 单光, $\times 80$, 商67井沙三上 3. 浅水扇(水下扇)细砂岩, 显微晶铁白云石呈“串珠状”胶结, 含黑色砂屑表面, 单光, $\times 80$, 大81-6井沙二段 4. 半深水浊积扇不等粒砂岩具正递变层理, 单光, $\times 30$, 梁28井沙三中 5. 半深水重力流水道细砂岩含碎裂屑, 具负荷构造, 与白云母共生, 单光, $\times 80$ 46井沙三中 6. 浅水扇不等粒砂岩, “灰泥杂基”支撑, 含破屑, 单光, $\times 80$, 大81-6井沙二段 7. 河口砂坝中砂岩分选好, 次圆状, 碎屑表面干净, 亮晶胶结, 单光, $\times 40$, 夏32井沙三上 8. 冲积扇不等粒砂岩, 分选、磨圆差, “杂基”支撑 3-4-3井沙二上。