

# 中国东部新生代断陷盆地地层岩性 油气圈闭的地震反射特征

蔺殿忠 童晓光 徐树宝

(北京石油勘探开发科学研究院)

中国东部广泛发育着第三纪的陆源碎屑沉积断陷盆地,如渤海湾、苏北、南襄等盆地。这些较大的含油气盆地都已作了大量地震勘探和钻探工作,获得了丰富的地球物理和地质资料,发现了多种类型的油气藏。

在盆地勘探的初期阶段,主要是寻找构造油气藏。随着勘探程度的加深,一些非构造油气藏主要是地层、岩性油气藏,也不断被发现。到现阶段,进一步作油气勘探就更要有意识地去寻找非构造油气藏了。更有实际意义的是,在中国东部还发育有众多的小型断陷盆地,它们常常缺乏明显的构造圈闭,控制油气聚集的主要是地层、岩性圈闭。因此,在这些盆地内找油,一开始就应把着眼点放在地层、岩性圈闭上。

然而,寻找地层、岩性圈闭的难度较大,目前尚缺乏一套完善的方法和手段。不过,充分发挥地震勘探的作用,仍是非常重要的,而且也是可能的。这就要一方面不断改进野外接收和室内处理技术,同时,要充分利用常规处理资料,提取其中的地层岩性信息和油气信息,尤其要注意综合解释工作,把地球物理、地质资料与现代沉积概念结合起来,方会有更好的效果。

利用地震资料寻找地层、岩性圈闭,主要是根据地震资料确定超、剥不整合面的位置、形态和各类储集岩体尤其是砂岩体的分布和组合关系,并指出有利的圈闭部位。在有利的情况下,可进一步作烃类直接检测。

利用地震资料确定超覆、剥蚀面已是大家所熟悉的。故本文侧重阐述形成地层、岩性圈闭的几类主要砂体的地震反射特征。首先,让我们看看本区地层、岩性圈闭形成的地质基础。

## 一、地层岩性圈闭形成的地质基础

中国东部在块断运动控制下,形成多凸多凹、凹凸相间的构造格局。这是由于基岩块体扭动和不均衡翘倾活动的结果。对于一个基岩块体来说,倾没部分形成凹陷,而上翘部分成为凸起。这种凸凹格局,也称箕式断陷。正是这种不对称的箕式结构控制陆源碎屑沉积相带分布的不对称性(陡坡侧相带窄,缓坡一侧相带宽),并使各种成因砂体在空间上按一定规律分布。一般沿盆地陡坡一侧,发育一系列冲积(锥)扇和水下扇等成裙带状分布的砂体;缓坡一侧常发育着各种滨岸砂体和小型的冲积锥、水下扇以及河

道砂体；在盆地中央常有各种形态的浊积岩砂体，如湖底扇、重力流水道砂体等；沿盆地长轴方向，往往发育有一定规模的河流三角洲砂体；而垂直盆地长轴方向则常形成扇三角洲砂体。上述砂体常常围绕湖盆中心呈环带状分布。

由于构造运动的周期性，砂体分布在时间和空间上都有其规律性。断陷盆地发育初期，盆地边缘形成冲积锥和短途的河流相砂体等；盆地稳定下沉阶段沉积的大套暗色泥岩中形成浊积砂体；当盆地回返上升时，湖盆收缩，常形成河流三角洲砂体。如渤海湾盆地，沙四段多发育冲积锥，沙一、三段多发育浊积砂体，沙二段和东营组广泛发育河流三角洲砂体。苏北盆地，阜宁组发育浊积岩，戴南组发育三角洲砂体<sup>[1]</sup>。

上述不同成因的各类砂体提供了油气储集的良好空间，形成不同圈闭形式的地层、岩性油气藏。如砂岩透镜体油气藏、砂岩上倾尖灭油气藏以及构造地层油气藏和构造岩性油气藏等。它们都随着不同成因砂体在空间的规律分布而具有一定的规律性。

由于构造运动的多期性及其在时间、空间上发展的不均衡，造成超、剥交替发生，形成多期不整合。如第三系与下伏不同时代地层间的不整合，上、下第三系间和下第三系内部的不整合等（图1）。这些不整合面既可作为油气运移的主要通道，又常常是油气赋存的场所，形成地层超覆和削蚀不整合油气藏。

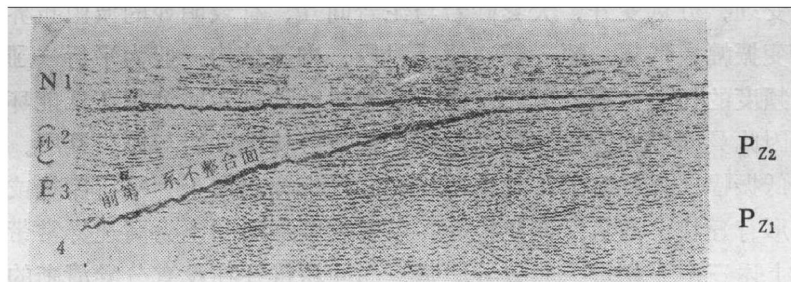


图1 冀中坳陷霸县凹陷东坡第三系超覆在上、下古生界之上

（据石油工业部物探局，1982）

地层、岩性油气藏既与不整合面有关，又受着各种砂体的控制。因此，用地震方法勘探这类圈闭，除了识别不整合面外，还要着重研究各类成因砂体的地震反射特征，从而找出其分布规律，确定砂体类型、范围，并预测其圈闭类型。

## 二、几类主要砂体的地震反射特征

上述盆地主要是一套以砂、泥岩为主的碎屑岩沉积（个别层段局部有碳酸盐岩和蒸发岩）。砂、泥岩间的声学特性有着明显的差异（图2）。这就决定

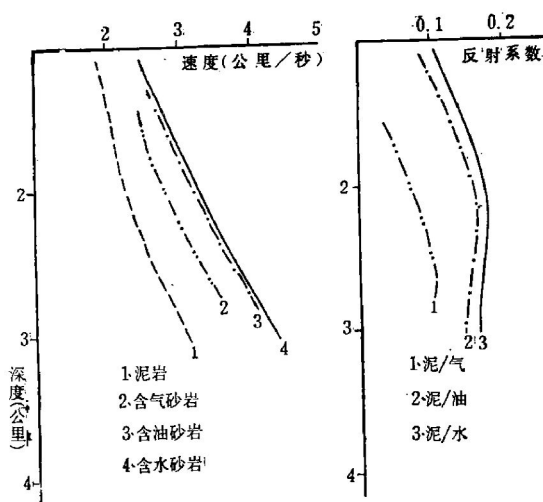


图2 根据声波测井资料求得的速度曲线与反射系数曲线（辽河西部凹陷）

了在大套泥岩中用地震方法寻找砂体的可能性。

由于不同成因类型的砂体在沉积时的古地理环境、水动力条件等的差异,其岩性组合、沉积结构、几何外形、空间分布也就不尽相同,各具特点。因此,它们的地震响应也各有不同。

### 1. 冲积锥和水下(锥)扇

这类砂体主要发育在断陷陡崖一侧(有时缓翼陡坎处也有)。洪水携带剥蚀下来的碎屑从山口流出,快速堆积于断崖处,形成砂砾岩锥体。延伸远,分布广,平面成扇形的称为“扇”。其几何形态,在走向剖面上,一般呈丘状或透镜状;在倾向剖面上,呈楔状。按沉积环境和砂体性质可分为水上和水下沉积两类,前者为冲积砂体,后者为浊积砂体。二者往往具有一定继承性,形成冲积-水下扇砂体。

冲积锥主要是砾、砂、泥混杂堆积的锥体。水下扇按沉积特征可大致划分为扇根、扇中、扇端三个亚相带,其相应的反射模式为:扇根,由于岩石碎屑颗粒粗细混杂堆积,层理不清,无明显波阻抗界面,一般不易形成延续较长的反射段,因此,表现为无反射带或杂乱反射带,这种杂乱反射,不同于一般的随机噪声,而是一些短反射叠加形成的强能量乱反射;当扇体发育具多旋回时,其内部也可产生一些稀疏的弱反射。扇中,由于碎屑颗粒变细,分选变好,大套砂岩与泥岩间互,有较明显的波阻抗界面,剖面表现为中强—可变振幅,低频、短—较连续反射段,内部结构一般为平行—亚平行,有时,可出现高频度的扭曲前积反射<sup>[2]</sup>;由于高能量的砂砾岩体沉积在低能环境的湖相泥岩背景之中,因此具明显的丘状外形。扇端,中薄层粉细砂岩与泥岩互层。因此,表现为高频、中—低振幅、连续反射;其内部结构,在走向剖面上为平行席状或波状;整个扇体的几何外形有丘状、楔状、透镜状等;在层速度平面图上为高速异常带。

水下扇的上述三个亚相带一般分异清楚,而冲积锥往往没有分异清晰的亚相带,在地震剖面上,常常只表现为无反射带或杂乱反射带,当二者连续发育时,地震剖面上不易区分它们。

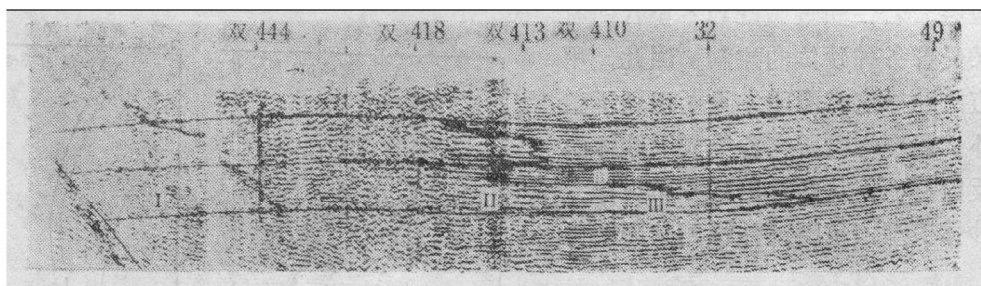


图3-1 双河镇水下扇倾向地震剖面(442.8测线)

I—扇根; II—扇中; III—扇端

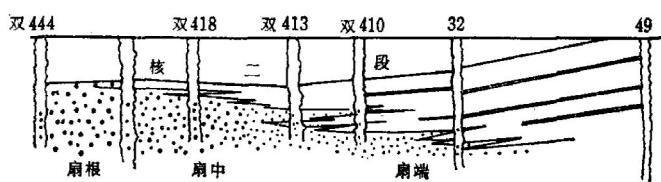


图3-2 442.8测线岩性剖面

图3-1为南襄盆地泌阳凹陷双河镇水下扇倾向地震剖面，图3-2为相应的钻井岩性剖面。扇根，碎屑颗粒粗，分选差，砂砾岩占地层的65%以上；自然电位曲线幅值低，呈锯齿状或筒状；声波时差曲线平直，无明显速度差（图3-3）；地震反射特征为无反射和杂乱反射。扇中，由于岩性变细，泥岩增多，砂、泥岩分异清楚，砂岩占地层厚度的30—50%；自然电位曲线有箱状（河道砂岩）和裂指状（河道间砂岩）；声波时差曲线出现明显跳跃；地震为中—强振幅、较连续、低频、平行—亚平行反射。扇端，岩性为中—薄层中—细砂岩、粉砂岩与泥岩互层，砂岩占地层厚度的30%；自然电位曲线呈指状；声波时差曲线呈锯齿状；地震为中振幅、连续、高频、平行、席状反射，层速度平面图对应扇体为高值带。

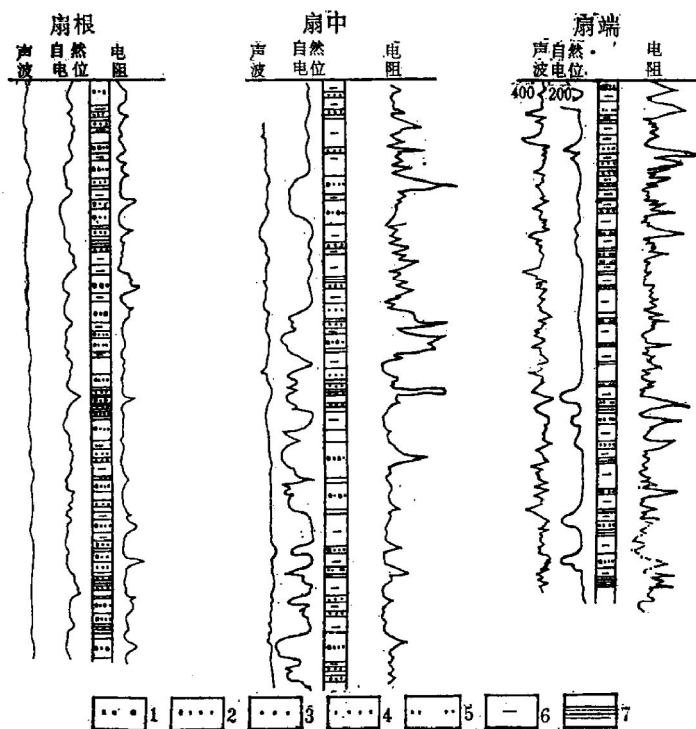


图3-3 双河镇水下扇电性与声测井曲线

1—砾状砂岩；2—含砾砂岩；3—中砂岩；4—细砂岩；  
5—粉砂岩；6—泥岩；7—页岩

由于后期基岩块体的进一步翘倾，造成砂岩上倾尖灭，控制着岩性油气藏的形成<sup>[8]</sup>。

图4-1为东营凹陷单家寺冲积—水下锥砂体沿倾向的地震反射剖面，相应的钻井岩性电性剖面为图4-2。从单9井的岩、电、声学特性可看出，砂体内部无明显的声阻抗界面，因此，相应的地震反射剖面上表现为无反射和杂乱反射。

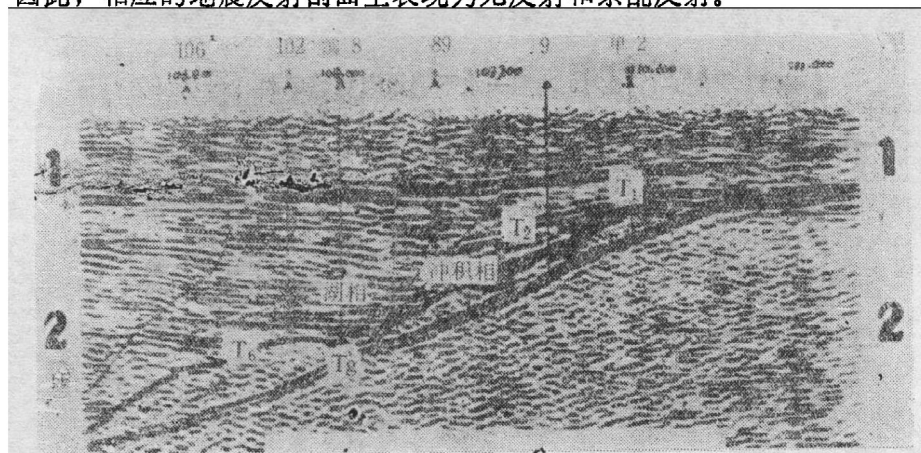


图4-1 滨南582.9测线时间剖面

(据杨云岭, 1981)

图5-1为车镇凹陷的车19冲积—水下扇地震反射倾向剖面。沿断面出现连续无反射和杂乱反射带，向凹陷方向，出现低频、较连续反射（如 $T_4$ 与 $T_6$ 之间）。钻井证实，无反射和杂乱反射带对应扇根的粗相带，反射变好部分对应扇中一扇端。图5-2为横穿砂体的走向反射地震剖面，砂体反射的几何外形具明显的丘状。

图6为辽河西部凹陷某地震反射剖面，具水下扇的反射特征，扇体的三个亚相带反射特征清楚。

冲积扇与水下扇还有一共同的明显特征，即砂体下宽、上窄。在地震剖面上，对应三个亚相带由深至浅地震反射段向砂体根部退缩。

由于构造运动、古地理环境、水动力条件、物源区结构和性质等的差异，各个盆地内的冲积扇、水下扇的发育程度、空间组合关系都存在一定差异。从砂体的纵向组合来看，大体有两种情况，一是沿断崖砂体继承性发育，冲积扇和水下扇叠置，相应的地

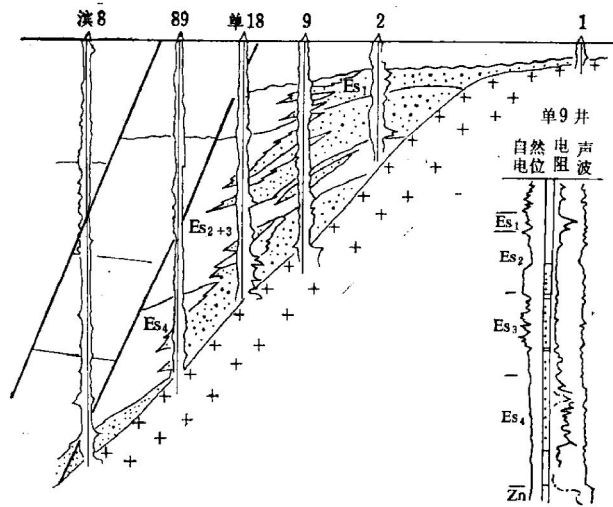


图4-2 滨南582.9测线岩性电性剖面

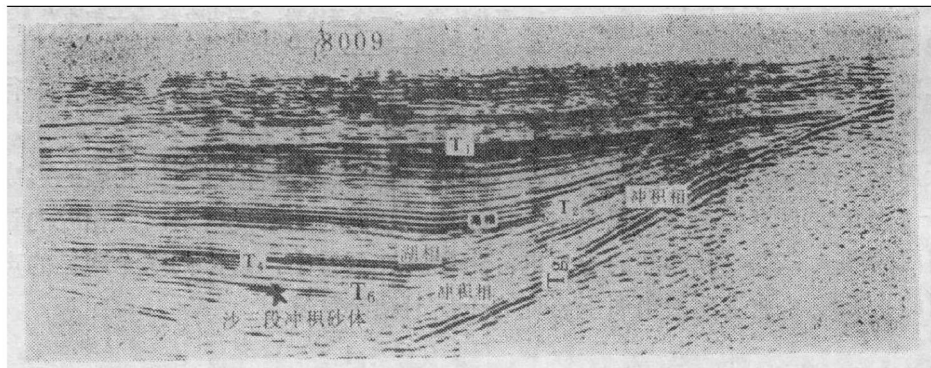


图5-1 车19冲积—水下扇倾向地震剖面

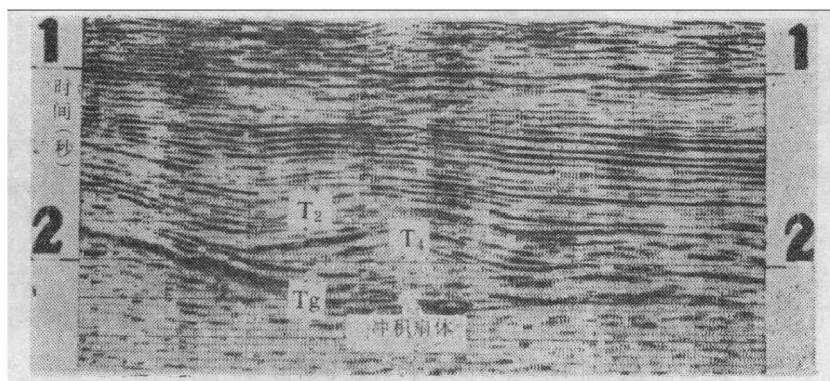


图5-2 车19冲积—水下扇走向地震剖面

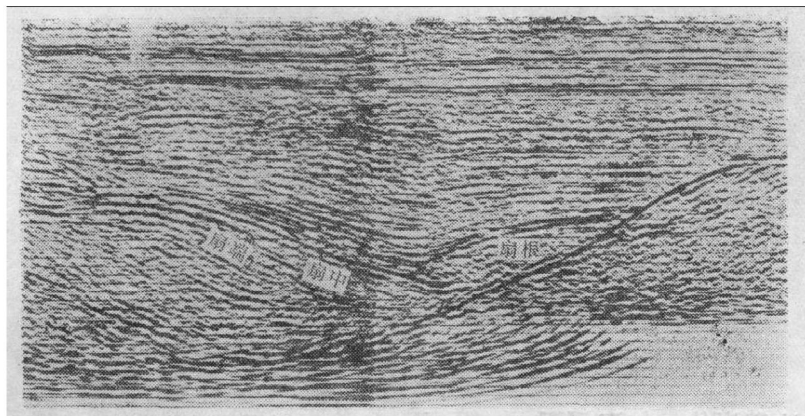
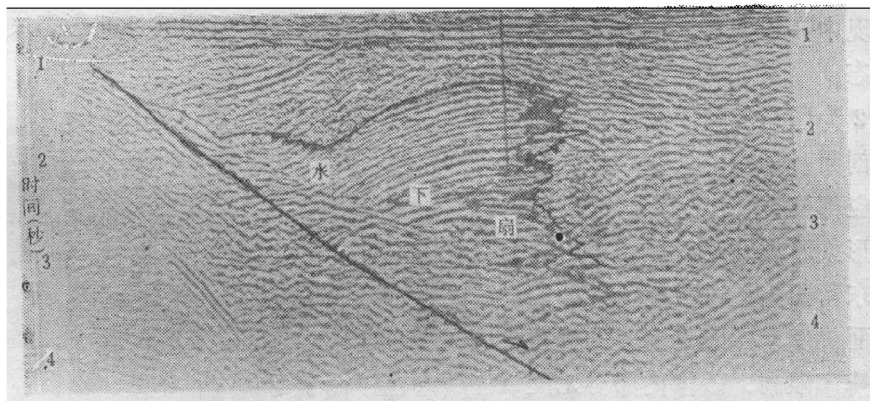


图6 辽河西部凹陷某水下扇倾向地震剖面

震反射剖面上出现连续无反射和杂乱反射带。如车19砂体(图5)、双河镇砂体(图3)等。这类砂体称爬坡扇。它形成的油气藏类型主要是扇中—扇端砂岩上倾尖灭或断层遮挡等因素控制的构造岩性油气藏；扇根一般不易圈闭油气。另一种是洪积和湖侵多期交替出现，在洪积停歇期间，沉积湖相泥岩，结果纵向上砂体被泥岩分隔，出现砂泥岩间互。在地震剖面上，无反射带和杂乱反射带断续出现，如单家寺砂体(图4)等，可称这类砂体为悬挂扇(杨云岭等，1981)。当砂体与泥岩频繁间互时，可出现中强振幅、低频连续反射段(图7)。这类砂体除了扇中、扇端可形成油气圈闭外，扇根有时也可形成油气圈闭。

图7 廊固凹陷沙三段水下扇砂体地震反射剖面  
(据石油工业部物探局研究院，1982)

杂乱反射和无反射带，可作为识别上述砂体的标志；但并不是说所有的杂乱带和无反射带都是这类砂体的反映，断面屏蔽、地表条件影响等因素也会在地震剖面上出现上述情况。综合考虑地下、地面和各种地质、地球物理因素，可以作出正确合理的解释。

## 2. 湖底浊积砂岩体

在断陷盆地稳定沉降阶段，盆地中央常因重力滑塌等原因造成湖底浊流沉积砂体。其沉积特征具包马序列。砂体空间几何形态与湖底的古地形有关。当湖底平坦时，呈席状；为沟谷时，呈中央厚边缘薄的长条形；有时呈透镜状散布于湖底的低凹处；在斜坡沟谷入口处，常形成扇状砂体，也称为湖底扇或深水扇<sup>[4]</sup>。渤海湾盆地各凹陷内广泛发

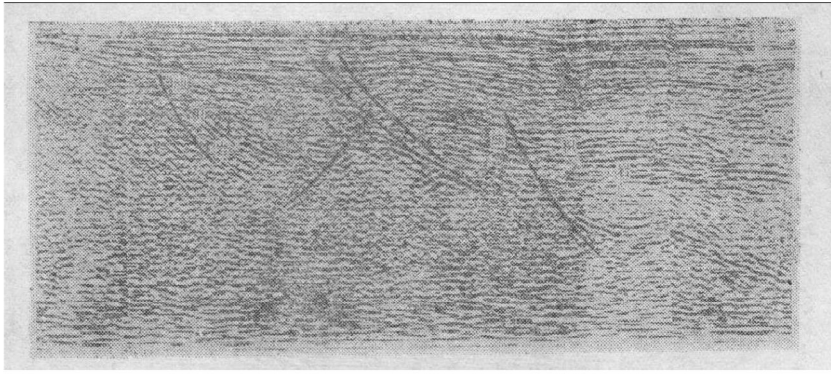


图8-1 双台子湖底扇砂体地震反射剖面

育各种形态的浊积岩体,如辽河西部凹陷沙三段浊积岩砂体分为断槽型、断谷型、峡谷型三种<sup>[6]</sup>。东营凹陷中央发育着众多的透镜状砂体。

浊流沉积时常是间歇性的,在停歇期间为湖相泥岩所覆盖,随浊流多次发生,便会出现浊流序列与湖相泥岩频繁间互。

上述沉积特征反映到地震反射剖面上,出现中—强振幅、不连续—短弧形或不规则反射。反射体的外部形态决定于砂体的几何形态。

图8-1、2为通过双台子湖底扇砂体的地震反射剖面及相应的钻井岩性剖面。砂体相应部位,地震反射为叠瓦状、强振幅、弧形或不规则反射段。

图9为东营凹陷通过透镜状砂体的地震反射剖面。反射外形具明显的透镜状,因受分辨率限制,砂体内部再无反射出现。

湖底浊积砂体,虽孔渗条件一般不

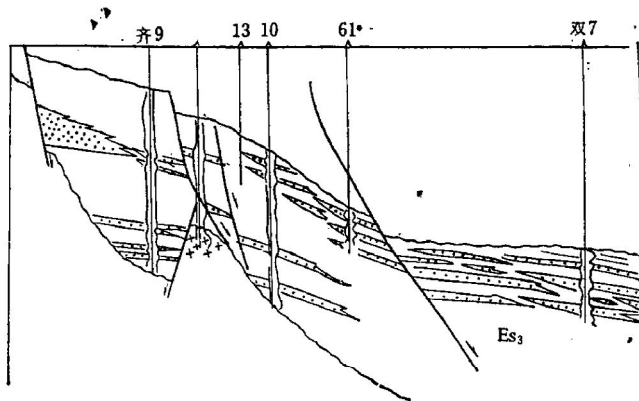
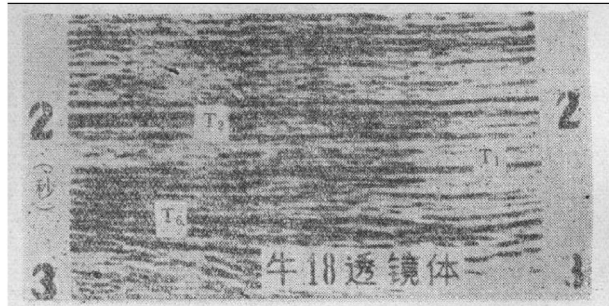
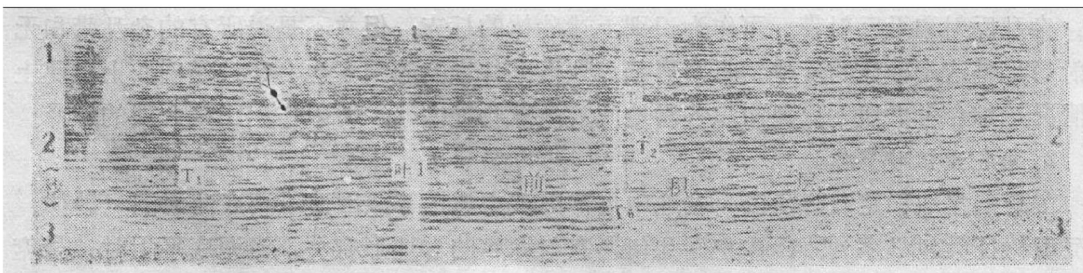


图8-2 双台子湖底扇砂体岩性剖面

图9 东营凹陷牛庄沙三段底部浊积岩透镜状砂体  
(据胜利油田地调处, 1981)图10 东营三角洲前缘砂体形成的前积反射结构  
(据杨云岭, 1981)

太好,但往往被生油岩所环包,有充足的油源。因此,易形成透镜状砂体岩性油气藏和砂岩上倾尖灭、构造岩性油气藏。前者如东营凹陷中央带沙三段的岩性油藏,后者如辽河油田的双台子、高升等地沙三段的油气藏。

### 3. 三角洲砂体

沿盆地长轴方向往往发育着河流和湖泊共同作用下形成的三角洲。纵剖面上它由顶积、前积、底积三层结构,平面上有三个亚相带:三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲<sup>[6]</sup>。

三角洲平原,主要由分流河道条带状砂体、河漫席状粉砂岩与灰绿夹红色泥页岩互层构成,具交错层理。在自然电位曲线上,砂岩呈钟形和桶状。其地震反射特征,为不连续、可变振幅、波状反射或无反射带。

三角洲前缘,主要由分流河道向水下延伸的河道砂、河口砂坝和薄层席状砂组成。河口砂坝在自然电位曲线上呈漏斗状或桶状,或是由低值到高值再到低值的复合曲线。由于砂体不断向湖内加积,与湖相泥岩在剖面上交互出现,呈现叠瓦状或指状交叉。地震剖面上反射出现顶超、底超和明显的前积反射结构,具中一强振幅、低频、连续反射(图10)。内部反射结构,常见的类型有切线型前积结构、斜交型前积结构和叠瓦状结构等。上述结构类型反映着不同的水动力条件和物源性质和方向<sup>[7]</sup>。河口砂坝在地震剖面上具明显的丘状弧形反射(图11)。三角洲前缘是河湖作用最活跃地带,这里坝砂、席状砂、透镜状砂体分布于湖相泥岩之中;同时,这里又常常是同生断层—滚动构造发育带。因而,常常是构造岩性油气藏形成的地带。如辽河西部凹陷欢喜岭、双台子地区沙一、二段的构造岩性油气藏,泌阳凹陷下二门核二、三段构造岩性油气藏。

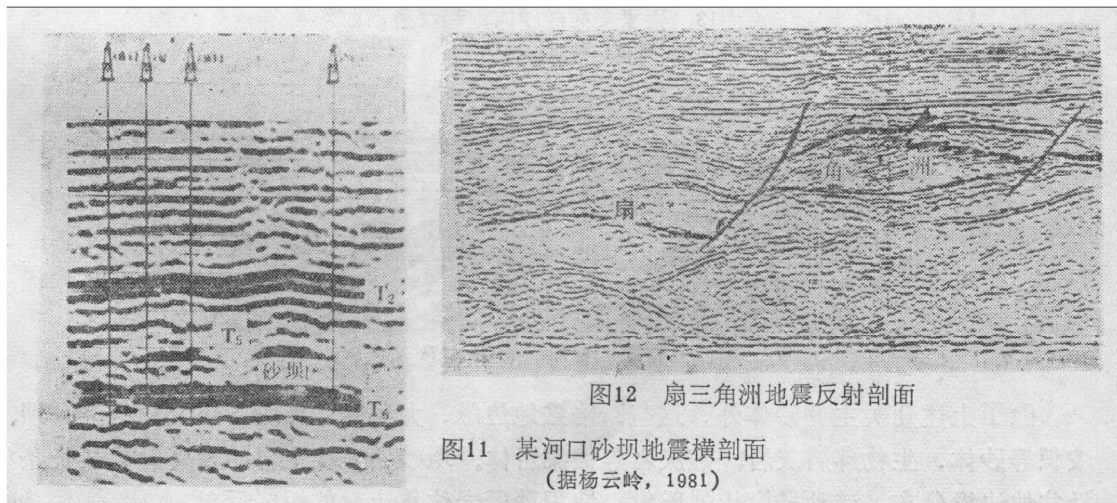


图12 扇三角洲地震反射剖面

前三角洲,主要为半深湖暗色泥、页岩夹薄砂岩层,有时夹有泥灰岩、钙质页岩、白云岩等,具水平层理。地震为强—中振幅,连续、高频、席状反射。

在断陷盆地内,常见的一类三角洲为发育于盆地陡侧的、近物源、沉积粗、分选差的冲积扇三角洲,简称扇三角洲,三角洲平原由冲积扇代之。这类三角洲分布不远,规模一般较小。通常也分三个亚相带:三角洲平原相、三角洲前缘相和前三角洲相。地震上三角洲平原为无反射或杂乱反射带;三角洲前缘为中—强振幅、连续、中—高频反

射, 常具前积反射结构(图12)。扇三角洲的地震反射特征类似于水下扇。二者的主要区别在于前者各亚相带的地震反射由深至浅向湖盆中央伸展, 而后者则相反。

#### 4. 水下河道砂体<sup>1)</sup>

在盆地缓坡一侧湖相泥岩中, 常有水下河道砂体沉积。它的砂体性质属于浊积岩的一种, 这类砂体向湖盆中央方向常与湖底扇相连。河道砂体沉积的正韵律和河道下切特点, 反映到地震剖面上, 具下弯的丘状反射(图13), 和“基底”平反射被切割中断现象。水下河道砂体的厚度有时较薄, 常小于地震常规处理资料的分辨率, 因此, 往往需要作高频滤波、反褶积和波阻抗转换等技术处理, 才能够把它们分辨出来。如梁家楼(在东营凹陷南坡)河道砂体, 就是通过提高分辨率之后, 才看清楚<sup>[8]</sup>。这类砂体常形成断块、构造岩性油气藏, 梁家楼断块岩性油气藏就是一例。

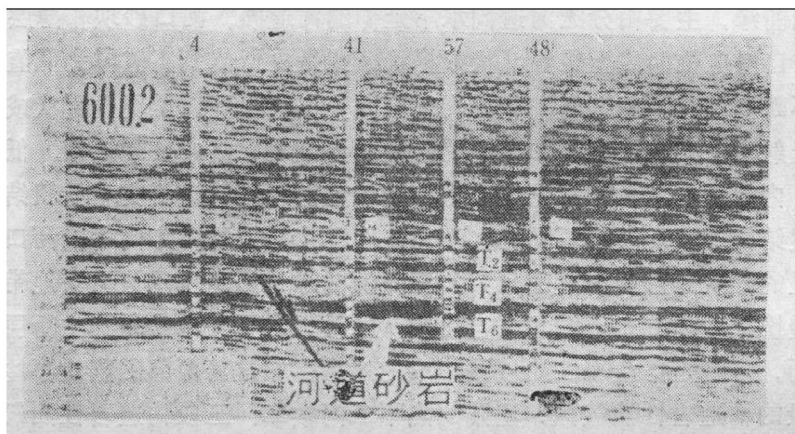


图13 梁家楼河道砂体地震反射剖面  
(据胜利油田, 1981)

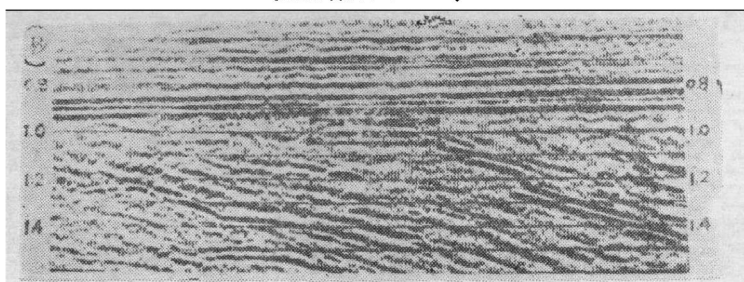


图14 超覆砂体形成的叠瓦状强反射

除了上述几类主要砂体外, 这些断陷盆地边缘, 尤其是缓坡带, 还发育有滩、坝、坡积等砂体, 生物碎屑灰岩、礁灰岩等储集岩体。坝砂具丘状上弯的强反射, 呈长条状沿盆地边缘分布。滩砂呈席状强反射。坡积砂砾岩体具上超的短强反射。

由于水进和水退的不断交替, 在盆地斜坡地带常出现各类滨、岸砂体的退覆和超覆, 图14上的叠瓦状强反射可能为上述砂体的反映。

本文是在胡见义同志指导下完成的。

(收稿日期 1982年9月2日)

1) 水下河道砂体应属于湖底扇的一部分, 为浊积岩的一种。为突出其地震反射特征及油气藏特点, 本文单独列一节叙述。

## 参 考 文 献

- [1] 崔志诚等, 1982, 苏北盆地东台坳陷新生代地层地震地层学初步应用。石油物探, 第21卷, 第1期。
- [2] 赵学平等, 1981, 三角洲和水下扇的地震相分析。石油地球物理勘探, 第2期。
- [3] 朱永安等, 1981, 河南泌阳凹陷的石油地质特征。石油学报, 第2卷, 第2期。
- [4] 吴崇筠等, 1981, 碎屑岩沉积相模式。石油学报, 第2卷, 第4期。
- [5] 金万连等, 1981, 辽河盆地西部凹陷沙河街组三段浊积岩及其含油性。石油学报, 第2卷, 第4期。
- [6] 徐怀大等, 1979, 地震地层学在黄骅坳陷的初步应用。石油物探, 第3期。
- [7] C. E. 佩顿编, 1977, 地震地层学。牛毓荃、徐怀大等译, 1980, 石油工业出版社。
- [8] 董繁麟等, 1980, 用地震方法勘探河道砂岩体。石油地球物理勘探, 第5期。

**CHARACTERISTICS OF SEISMIC REFLECTION  
INRELATION TO LITHO-STRATIGRAPHIC TRAPS IN  
THE CENOZOIC FAULT BASINS IN EAST CHINA**

Lin Dianzhong, Tong Xiaoguang, Xu Shubao

(Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing)

**Abstract**

Several unconformities are found within Tertiary fault basins in East China, forming various kinds of litho-stratigraphic traps in combination with various sand bodies developed along the unconformities. These traps are both obviously related to unconformities and controlled by various kinds of sand bodies. The utilization of seismic survey is well known for determining overlap and denudation surface. Therefore, after describing the geological setting of the formation of these litho-stratigraphic traps, emphasis is placed in this article on the geological properties of some main kinds of sand bodies, such as alluvial cones and subaqueous fans, lacustrine turbidites, deltaic and subaqueous channel sands. Besides, large amount of seismic exploration examples are used to show their relative properties of seismic reflection. It is suggested that these sand bodies can be identified by recognizing the seismic reflection features so as to discover various kinds of subtle pools.