

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

渤海湾地区下第三系沉积体系及找油方向

徐怀大 陆伟文 王世凤 万静萍

(武汉地质学院北京研究生部)

广义的渤海湾盆地包括渤海海域及与之毗邻的下辽、济阳、黄骅等拗陷。本文的研究范围主要是海域。目的是利用地震地层学方法,结合钻井和测井资料,对地层划分、构造形成机制,古水流和古沉积体系和找油方向提出一些新的看法。

一、下第三系的划分

地震剖面中的反射同相轴反映了年代地层界面。和地面地质中划分地层的原则一样,人们可以根据地震剖面中的上超、下超、削截、顶超等不协调现象,划分地震层序^[1]。

根据岩心、测井及传统的地震反射波组,人们把渤海湾地区的新生代地层划分为六个组,见表 1^[1,2,3]。其中有 4 个被大家所公认的不整合。至于其它地层之间是否有明显的沉积间断,则未见到明确讨论的文章。

工作中,根据地震地层学原理、依照上述不协调关系,重点检查了 27 条剖面(其中包括黄骅、济阳、冀中的剖面 15 条)之后发现,在渤海湾地区新生代地层的层序中有如下特点:

1. 在新生代地层中共找到 19 个不协调的界面,其中下第三系 15 个(包括中、新生代地层界面),上第三系 4 个(包括与第四系的界面)。考虑到下第三系下部由于埋藏过深,地震分辨力不高而上第三系过于平缓,其不协调现象不易辨认,估计其实际总数还要多些。

2. T_2 、 T_{6-7} 、 T_8 三个界面在绝大多数剖面中出现,性质为削截加上超。属于全区性的区际不整合面。也就是表 1 中所列的下部三个不整合面,其中第四系与第三系之间的不整合面由于剖面不完整,未作研究。

3. 在绝大多数剖面中,在 T_0 、 T_3^+ 、 T_3^- 、 T_4 、 T_5 等位置上出现不协调现象,它们构成了进一步划分地震亚层序的依据。

4. 在局部地区,上述各界面之间的地层内,又出现了一些规模较小的沉积间断,如黄骅地区的 T_3^- 与 T_4 之间,辽东湾和渤中拗陷的 T_3^+ 与 T_3^- 之间。它们可以用来划分更次一级的地层单位。

5. 在地震剖面内存在的各种不协调关系中,有一些界面其下伏地层比较普遍地遭受剥蚀,如前述的几个区际不整合面。有一些则只在边缘地区遭受剥蚀,而在凹陷深处表现为上覆地层的上超,在整个不协调关系中,这类关系所占的比例最大。也有少数不协调关

1) 李应培, 1979, 渤海沿岸地区的下第三系。第二届全国地层会议论文。

2) 张惠民, 1979, 华北的第三系。第二届全国地层会议论文。

3) 梁名胜, 1979, 中国海域的第三纪地层。第二届全国地层会议论文。

表 1 渤海湾地区新生代地层简表

地 层				地 层 代 号	反 射 波 组	厚 度 (米)	岩 性 特 征		
界	系	统	组						
新 生 界	第四系		平原组	Q		250 ↓ 685	浅灰、灰、土黄和棕红色粘土、砂质粘土及粉细砂层。 已知此组中夹有八个海相化石层 ——平行不整合(喜山运动 II 幕)——		
			上 第 三 系	上新统	明化镇组	N _{2m}		550 ↓ 1,900	上部：灰绿、浅棕红色泥岩与灰白、浅灰、灰绿色砂岩不等厚互层。下部：紫红、紫红色泥岩间夹灰绿、灰紫色泥岩与浅灰色砂岩。化石有 <i>Candoniella albicaus</i> , <i>Ilyocypris dunschanensis</i> , <i>Cyprinotus chinensis</i> , <i>Melania</i> cf. <i>saigo</i> , <i>Tectochara meriani</i> 等。据推断属河流、湖沼相沉积
					馆陶组	N _{1g}		185 ↓ 1,185	暗紫红、灰绿色泥岩与灰白色厚层粗砂岩、含砾砂岩，下部向东主要变为含砾砂岩、砂砾岩。化石有 <i>Condonia</i> cf. <i>visenda</i> , <i>Ilyocypris</i> sp., <i>Melania</i> sp., <i>Planorbis</i> sp. 等。属河流相沉积
	下 第 三 系	渐 新 统	东营组	E _d	T ₂ T ₂ ^上	0 ↓ 1115	不整合(华北运动 II 幕或喜山运动 I 幕)—— 上部为灰绿色泥岩夹灰白、灰色砂岩。下部为灰、深灰色泥岩。化石有 <i>Dongyingia inflexicostata</i> , <i>Chinocythere unicuspidata</i> , <i>Maedlerisphaera ulmensis</i> , 本组属近海大型陆相湖泊沉积		
							沙河街组	上段	E _{s上}
			中段	E _{s中}	300 ↓ 700	灰绿、绿灰色泥岩及浅灰、灰白色砂岩，含砾砂岩及砂砾岩，夹紫红、深灰色泥岩。向黄骅凹陷上部变为红色砂岩、砂砾岩夹红色泥岩，下部为炭质泥岩及砂岩，局部见石膏层。化石有： <i>Camarocypris elliptica</i> , <i>Charites producta</i> 等。属近海大型湖泊沉积			
			下段	E _{s下}	300 ↓ 800	上部为灰色砂泥岩互层；中部为厚层黑色泥岩；下部为油页岩、黑色泥岩互层。盆地边缘相变为灰绿色为主。化石有： <i>Huabeinia chinensis</i> , <i>Shandongochara decorose</i> 等。属近海大型湖泊沉积			
			始新统	底段		T ₆₋₇	350 ↓ 950	不整合(华北运动 I 幕)—— 上部为灰色泥岩夹碳酸盐岩及油页岩，中部为蓝灰色泥岩夹石膏，下部为红色泥岩夹薄砂岩。上部发现海相有孔虫 <i>Triloculina</i> sp., <i>Discorbis</i> ?, <i>Nonion</i> sp. 多毛类 <i>Serpula</i> , <i>Serpulites</i> <i>Gitonia</i> 等，鱼类(双棱鲱属、艾氏鱼属、鲈形目)，枝管藻属，德弗兰藻	

续表 1

地 层				地层 代号	反 射 波 组	厚 度 (米)	岩 性 特 征
界	系	统	组				
新 生 界	下 第 三 系	始	沙河 街组	E ₁ 底	T ₈	350 } 950	等。此外还发育了广盐性淡水介形类、腹足类及轮藻。说明在广大地区内为近海大型陆相湖泊,而在上部,局部地区为海陆过渡相沉积
		新	孔 店组	E _k		1,100 } 1,600	上部为红色泥岩夹砂岩,局部见石膏。中部为灰色泥岩夹煤层、碳质页岩、油页岩,下部为红色砂泥岩互层,化石有 <i>Eucypris wutuensis</i> , <i>Peckichara wutuensis</i> , <i>Neochara sinuolata</i> 等,属陆相湖泊及三角洲平原沉积 ~~~~~不整合(燕山运动 V 幕)~~~~~

表中沙河街组上、中、下、底各段相当于原来的沙河街组一、二、三、四段。为符合国际命名准则,暂用此名。

系只有上覆地层的上超,没有下伏地层的削截,我们把这种下伏地层没有遭受侵蚀的不谐调关系称之为沉积间断。

6. 根据渤中、辽东、黄骅拗陷中选出的若干剖面编制了上超点的升降曲线,如图1。并与维尔(Vail, 1977)^[1]的全球海面升降曲线作了比较,这个比较是很粗略的。对比的结果与按古生物资料划分的方案^[1,2,3]基本相同。不过根据地震剖面中所显示大规模不整合的位置以及维尔^[2]等人提出的海面升降曲线推断,沙河街组底界可能要向下延拓到早始新世末,孔店组的底很可能延拓的古新世中期。这种推断是否可信,有待进一步工作。

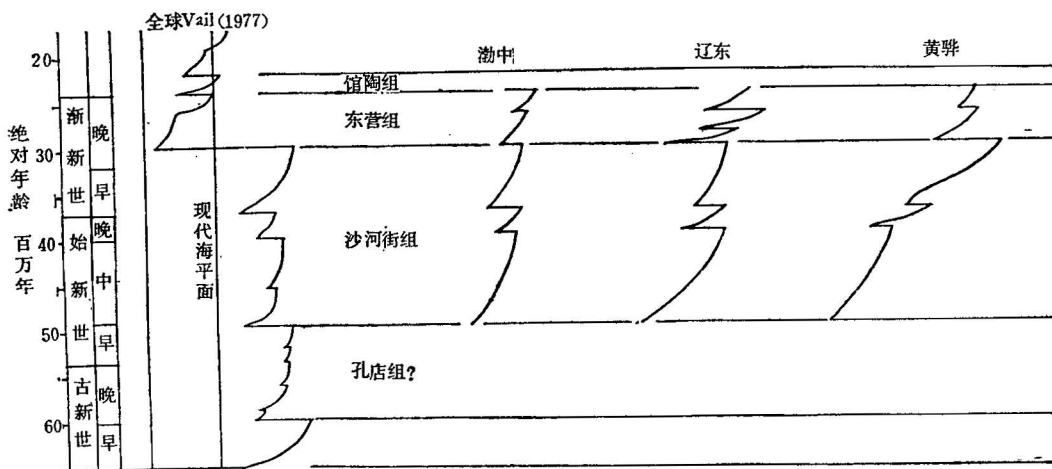


图 1 渤海湾地区早第三纪中后期湖面相对升降变化曲线

二、构造背景和发育特征

过去人们把渤海地区划入中朝准地台的范围内,近年来有人主张它是中国东部中、新

生代裂谷系的一部分。古生代末期海面运动使华北大部隆起,渤海地区没有三叠纪地层,大多数地区也未找到下侏罗统,因此,盆地可能诞生于中侏罗世初或早侏罗世末。经过前人以及作者的分析,盆地的发育具有如下特征:

1. 中生代以来,盆地和沉积物分布的范围日益扩大^[2]。

2. 盆地边缘和内部发育了一系列大小不等的生长断层(正断层),其走向大抵平行,断层倾角上陡下缓甚至插入层面,逆断层几乎不发育。各拗陷的内部发育有泥丘、泥脊等刺穿构造(如图3)。

3. 据重力资料计算,渤中拗陷的地壳较薄为 29.4 公里(黄骅拗陷为 31 公里;辽东湾为 30—31 公里;较太行山区的 43 公里减薄 10 余公里)。相反,新生代地层在地壳最薄的地方却堆积最厚。渤中地区为 9,000 米,歧口拗陷为 7,000 米。地壳与地层二者厚度呈镜象倒影关系。

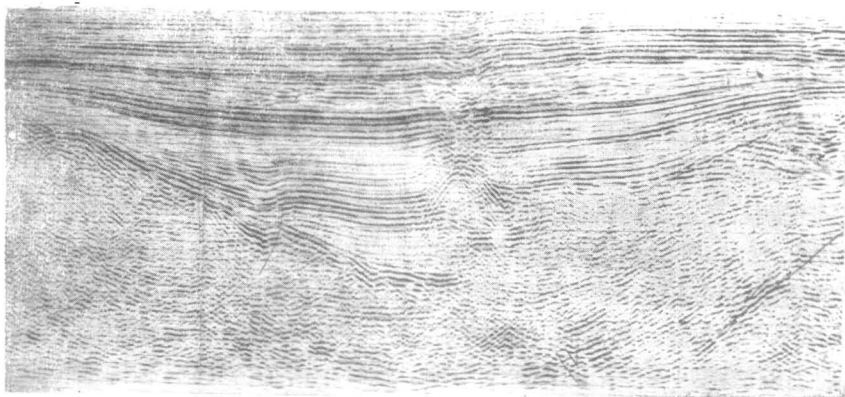


图2 泥脊刺穿

(辽东湾 5235 测线)

4. 本区地热流值偏高。据前人资料^[3]为 1.5—1.9 微卡/厘米²·秒左右。作者按最近资料计算介于 1.74—2.18 微卡/厘米²·秒之间,比稳定地区的地热流值 1.0 微卡/厘米²·秒左右高很多。

5. 航空磁测表明,渤海地区发育了北东南西向的平行高磁力异常带,反映了结晶基底的不均衡抬升和火成岩的成带贯入。

根据上述特征及前人意见^{[4],[5],[6]},作者认为渤海湾属拉张型裂谷盆地,其拉张历史示于图3。

三、沉积体系与古水流体系

在反映古水流方向上,前积反射结构具有特殊的功效^[7]。所谓前积结构,实际上就是携带泥砂的水流,在河流出口处向前堆积的原始沉积表面,这个表面在原始状态下就是倾斜的,它代表了年代地层界面。因此,凭借前积结构的特征,就可以恢复古水流和古沉积体系。并且随着研究的深入,还可能获得更多的信息。

桑格尔(Sangree, 1977)^{[2][8]}等人曾经提出前积结构的分类。然而,从宏观上,前积结构

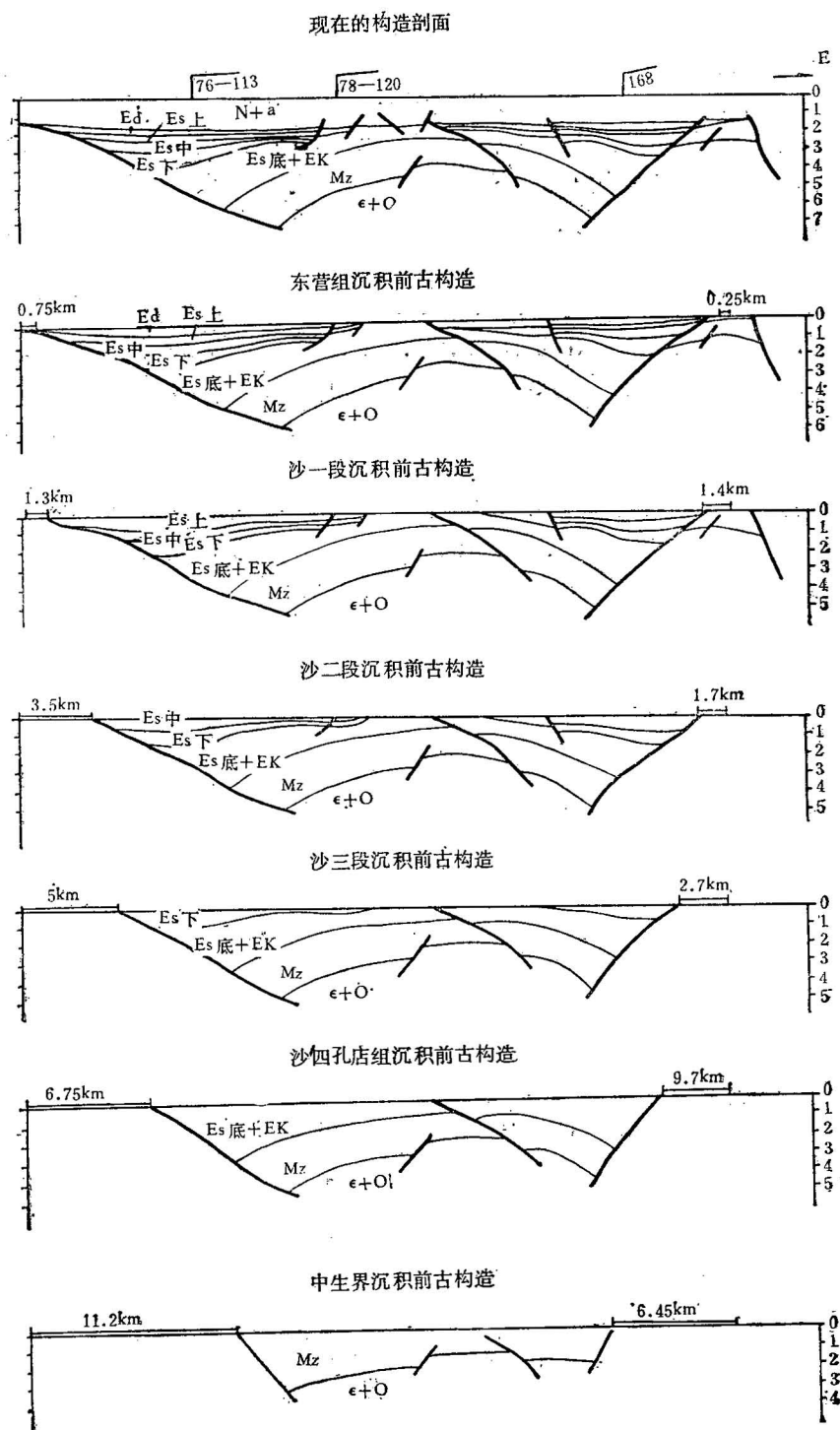


图 3 黄骅拗陷 76-V 测线构造发育史剖面图
(T_1 、 T_2 、 T_3 见表 1)

基本上有以下三类。一是帚状结构,呈辐射形向下发散,它们是山口陡坡下洪积扇、冲积扇、水下扇的反射特征(图 4)。第二类是已经堆积到山口以外一定距离的快速堆积,其底积层不发育,但在后续水流的冲刷下,形成了一定规模的冲积平原(顶积层)(图 5),作者把这种沉积体命名为扇三角洲。第三类是顶积层、前积层、底积层都很发育的大规模的三角洲朵叶体(图 6)。前积结构就是下超现象,它反映了携带大量泥砂的水流造成的过剩堆积,加上过剩堆积区沉积物比较粗,不易压实。因此,这些前积体实际上构成了大小不等的沉积背斜。据分析,浊流在形成前积结构上也起着重要作用。

通过分析发现,渤海海域内共有六组大的古水流体系,它们是古辽河、古滦河、古海河、古黄河、古庙西河和古渤东河。前四个河流与今日的辽河、滦河、海河和黄河只是地理上接近而已,其性质和纵深可能很不相同。但是它们控制了整个海域中下第三条的展布。

古辽河与现今的辽河发源不同。它来源于绥中附近,流入海域后分为南北两支。向北流的一支较短,汇聚在现今辽河口外。南支较大,延长达 200 公里,一直插入到渤中凹陷中心。共有四期以上的前积朵叶,构成早第三纪本区最大的狭长形三角洲平原。其前积层平直,反映了水流强大。从过去对辽东湾沙河街组地层研究结果以及从它的地理位置推断,其中或有浊流的产物。这是个很有远景的地区。

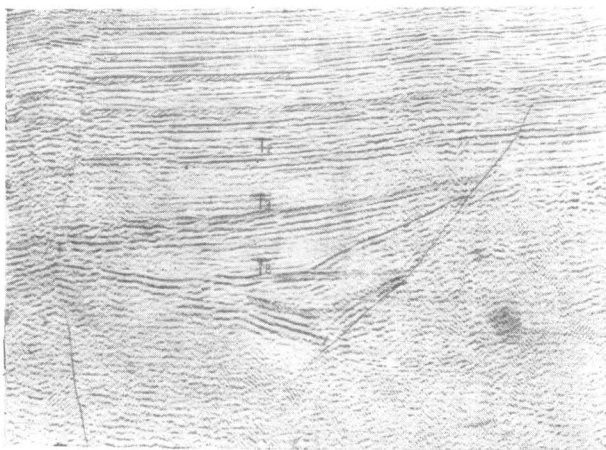


图 4 水下扇的帚状反射结构
(渤东 5027 测线。图中 T₁ 还应下压)

古滦河是一系列自北西流向南东的山间急流,在秦南凹陷、石臼坨隆起、渤中隆起东侧,形成一连串扇形沉积体和扇三角洲。其中有些已经见到工业油流。

古海河是向歧口凹陷汇集的一组水系。就目前所知,其中以出自歧北凹陷的水流最大、沉积也最厚。来自南堡一带的沉积物既粗又厚,且富含玄武岩碎屑,推测北部发育有古火山群。出自塘沽的古水流可能曾与冀中的武清凹陷相通,目前因无地震及钻井资料,无法证实。此组水系的沉积体内,在陆地上早有工业油田投入开发,在海上,亦早已获得工业油流。

古黄河是出自沾化凹陷的指状辐射水流,它们穿过黄河口外的山间峡谷,汇入渤中凹陷。这是个很有远景的沉积体系,在黄河口一带已经有几个油田投入开发。

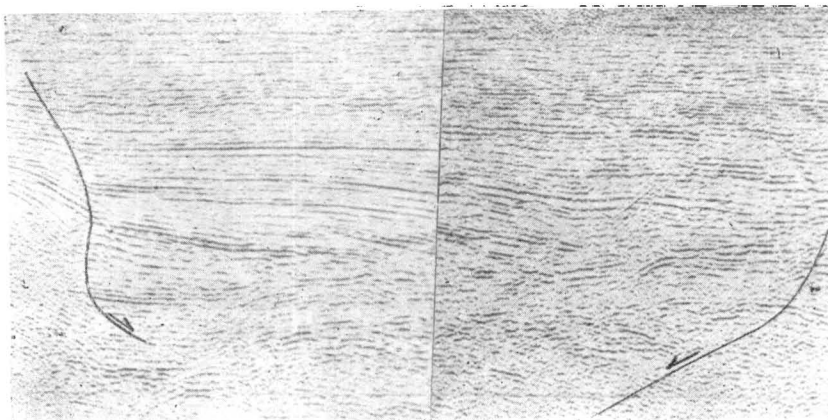


图 5 扇三角洲的反射结构
(注意有顶积层、前积层,没有底积层。渤南 9722 测线)

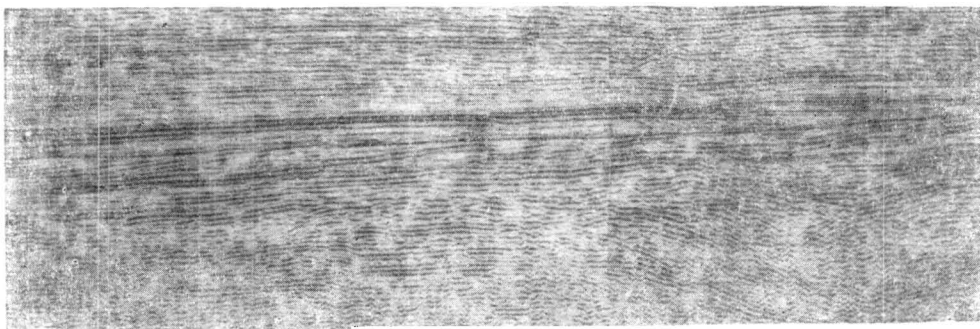


图 6 三角洲的反射结构
(渤中拗陷局部 8088 测线)

渤海东南庙岛群岛以西地区在早第三纪地势险峻,发育了一些火山,它把莱州湾与渤中凹陷隔开。来自山间的急流,把大部分沉积物通过曲折的河谷带到渤中凹陷。在这个沉积体系内已经获得工业油流。

渤东地区基本上是个大斜坡,斜坡的中段有一平行走向的基岩隆起,其位置相当于郯庐断裂带。有一系列小河穿过隆起带的缺口向渤中凹陷集中,这就是渤东水系。渤东水系与庙西水系,在山口处,发育了一些幅度很大的沉积背斜(见图 7)。

图 8 是根据地震资料作出的东营组沉积时期的古水流体系图,图 9 是同一时期的地貌景观图。这两张图实际上也可以说明沙河街组和馆陶组沉积时期的水流特征和沉积特征。因为它们之间有着强烈的继承性。但在纵向上有从扇到扇三角洲、到三角洲、最后到河流沉积的发展趋势。

四、找 油 方 向

从层位上说,上第三系基本是河流湖沼相沉积,不适于生油,虽然早已发现过一些油田,但不能作为主要勘探对象。勘探的重点还应当放在下第三系或者更老的地层上。

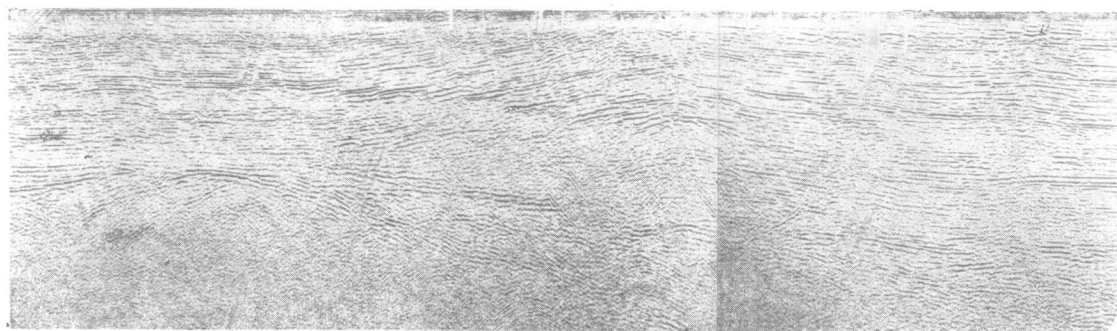


图7 由不均衡沉积造成的沉积背斜
(渤东南 2112 测线)



图8 渤海地区下第三系东营组沉积时期古水流体系图

下第三系最上部的东营组埋藏较浅,在多数地区达不到预期的生油门限深度,因此,除了渤中拗陷深处之外,多数人认为它不能成为主力生油层。但是从沉积学角度来看,东营组不容忽视。渤海湾地区早第三纪期间,以沙河街组上段后期的水域范围最大,是公认的生油层。东营组沉积时期则开始了大规模的水退。在东营组的下部,是最有利于形成油气圈闭的部位。并在陆地上已经发现了工业油藏。因此,应当把东营组作为重要勘探对象。此外,沙河街组各段中的砂岩、生物灰岩、鲕状灰岩、邻近生油凹陷的多孔隙基岩隆起、生油凹陷附近大生长断层上盘的馆陶组和明化镇组砂岩,都可以而且已经形成了某些

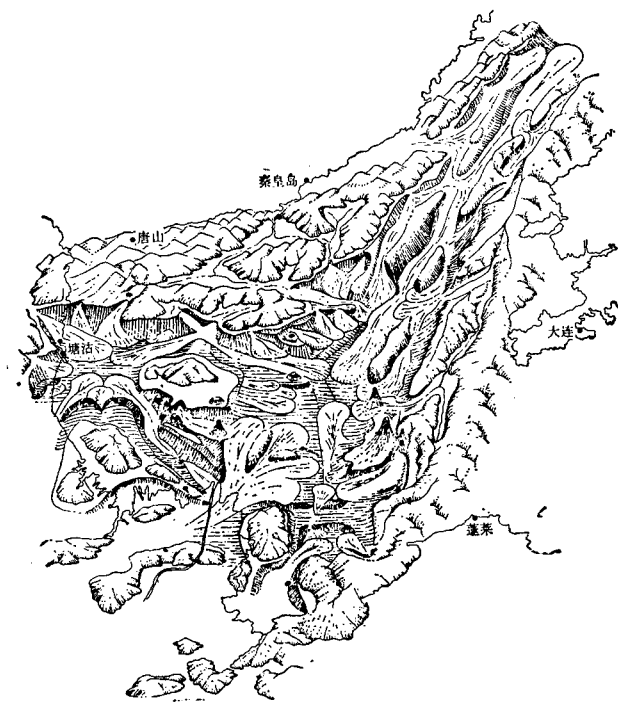


图 9 渤海地区下第三系东营组沉积时期地貌景观图

油气藏。

从平面的沉积格局来讲,最有利于形成油藏的部位是三角洲的前缘、浊积扇、水下扇的扇根、冲积扇的扇端、扇三角洲的前缘和古河道的出口处附近。在这些部位,陆上已经发现了一些油藏,预期在海域中也会出现。

从构造条件上讲,对于一些大型隆起(如渤中隆起),由于顶部遭到剥蚀而只见到一些已经氧化的稠油,因此其主要勘探对象应当是它围翼的地层超覆圈闭,特别是隐伏在古隆起四周谷地中的朵叶体,更是形成油藏的良好场所。

靠近生油凹陷大生长断层的下降盘一侧,常形成滚动背斜,在陆上已经形成工业油藏,在海区应不乏此类油藏。

另一值得注意的对象是泥岩造成的刺穿。它在陆上已经有几个工业油田。在海上于辽东湾地区也发现类似构造,应当作为勘探的对象。

五、结 论

1. 渤海湾地区是个拉张裂谷盆地,其最大拉张期在早第三纪。晚第三纪主要是下沉拗陷。

2. 除了三个区际不整合外,本区第三系中尚有 15 个以上的沉积间断。它们在盆地内部多表现为上覆地层的逐层上超。下伏地层较完整,只有边缘地区下伏地层才遭受剥

蚀。

3. 海域中发育了四个大型拗陷, 六个大水系和相应的沉积体系, 它们在发展上有明显的继承性。

4. 各沉积体的演变有从水下扇到扇三角洲、三角洲、最后到河流沉积的趋势。在堆积过剩的地方, 可以形成大小不等的沉积背斜。

5. 沉积体和油气的分布有密切关系, 应当作为部署探井的重要依据之一。陆地上的勘探经验表明, 海域中的油气远景良好, 除了沙河街组以及基岩油藏外, 东营组应当作为重要的勘探层位。

6. 泥岩刺穿是可以形成油气圈闭的潜在勘探对象。

此项研究石油工业部海洋石油勘探局的常之瑞、王正蓉、张保坤、袁志刚、崔吉冰、陈继松、姜锡江、郭书铭、孙肇惠、张远越、孙玉堂、尚淑娟、孙玉秋等同志先后参加过部分工作, 特致谢意。

参 考 文 献

- [1] 徐怀大, 1981, 地震地层学在石油普查勘探中的研究和应用。石油实验地质, 3 卷 1 期。
- [2] Payton, C. E., 1978, Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration, AAPG, Memoir, 26.
- [3] 张文佑等, 1980, 华北断块区的形成与发展。科学出版社。
- [4] 李德生, 1979, 渤海湾含油气盆地的构造格局。石油勘探与开发, 第 2 期。
- [5] 朱夏, 1978, 关于我国陆相中新生界含油气盆地若干基本地质问题的初步设想。石油地质实验(专辑)。
- [6] 童崇元, 1980, 中国东部裂谷盆地的石油地质特征。石油学报, 1 卷 4 期。
- [7] 徐怀大、陆伟文, 1981, 地震地层学在地层接触关系和古水流体系分析上的应用。石油学报, 1 卷 2 期。
- [8] Sheriff, R. E., 1976, Inferring Stratigraphy from seismic data. AAPG, Vol. 60, No. 4, 528—542.

PALEOGENE SEDIMENTARY SYSTEMS AND DIRECTION OF SEARCHING FOR OIL AND GAS IN BOHAIWAN BASIN

Xu Huaida Lu Weiwen Wang Shifeng Wan Jingping

(Beijing Graduate School, Wuhan College of Geology)

Abstract

This paper is based on seismic-stratigraphic principles and combined with information of drilling data and logs. The results of study are given as follows:

1. Bohai Bay is a rift valley, where more than 9 km of Cenozoic sediments has been deposited. The Mesozoic used to be a stage of pull-apart and faulting depression; the Late Cretaceous-Paleogene, a stage of pull-apart-arching-slumping, and the Neogene, a stage of depression.

2. In addition to three interregional unconformities, more than fifteen hiatuses have also been found. They were resulted from the cyclic paleolake level fluctuation. The nature of the fluctuations is progressive, with water table rising slowly and falling suddenly and

rapidly. As a result, the underlying strata are covered by the overlying strata in an onlap style. Therefore, at the edge of a sedimentary depression, the lower parts of every stratigraphic unit are always omitted.

3. Four sedimentary depressions have been recognized. They are Liaodong, Bezhong, Laizhouwan, and Qikou depressions, in which six groups of paleodrainage and associated sedimentary systems of Paleo-Liao, Paleo-Luan, Paleo-Huanghe (Yellow River), Paleo-Beinan, and Paleo-Miaoxi rivers have been developed. The locations of these sedimentary systems have an apparent heredity, and their evolution tends to be arranged from fan to fan delta, and finally, to delta.

4. The subaqueous fan, fan-delta, delta and fluvial channel sediments may form sedimentary anticlines of various scale, especially the latter two types of sediments may form some giant sedimentary anticlines extending for more than one hundred kilometers with a width of tens kilometers. All of them may play an important role in controlling the occurrences of oil and gas reservoirs. It suggests from the data available, that the best locations for the formation of oil and gas reservoirs are the middle part of a fan, the front of a fan-delta or a delta, the paleochannels adjacent to a paleoshoreline, and the bed-rock uplifts buried by a prodelta mud, or close to a prodelta. Some commercial oil fields have been discovered there from.

5. In the area of study, there are also some mudstone diapirs known as mud ridges. Some of them have distinctive bright spots at their top, indicating that they are also prospective objects for oil and gas exploration.