

东濮地洼构造特征及其演化

耿阳 沙怀

(中国科学院长沙大地构造研究所)

该地洼以前新生界为基底,具地槽构造形态。基底受三条北东向大断裂和五条东西向断裂切割而分为八个地质块体。北北东向地槽隆起与地洼呈镜像对称。地洼演化早期(晚始新—渐新世)是在区域性拉张和地槽底部构造因素联合作用下拉张—断陷,后期(中渐—渐新世)是在区域性挤压和地壳均衡调整因素作用下挤压—增陷而向广盆方向发展。

东濮地洼是华北重要的含油气地区之一,它位于华北地洼区河淮地洼系渤海湾地洼列的南部^[1]。以古生代地槽构造层及残存的中生界为基底,为新生代区域性拉张应力作用所形成的具双断性质的构造地洼——地洼。它东临鲁西地槽列所属的菏泽地槽,西靠内黄地槽,北接临清地洼,南连封丘—兰考地槽,其与邻区皆以断裂接触。本区现阶段大地构造性质属地洼构造阶段余动期^[1]。

近年来,作者对东濮地洼及邻区进行了地质考察,在对该区的大量钻井岩心及地震剖面观察分析的基础上,追溯了地洼的演化史,进而阐明地洼的演化进程对油气藏形成的控制作用。

一、东濮地洼的断裂特征

华北地洼区的地壳,在纵向上具有层状结构,横向上因断层切割而具有块状结构,这种结构特征在地洼构造阶段的余动期得到充分的反映。

据断裂的规模及其对莫霍面、康氏面和结晶基底面的影响程度以及对地洼形成、发展的控制作用,划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三级。

(一) 深部地质背景及Ⅰ级断裂的确定

东濮地洼是处在一条区域性的北北东向地槽隆起带上。地洼的中心轴线与莫霍面埋深29 km的等深线相对应,向四周递增到35—36 km。地洼的边界恰好落在莫霍面34 km等深线内,地洼上拱的形态和地槽构造轮廓呈镜像倒映。

地槽上隆带和北北东向的兰聊、长垣断裂有密切依存关系,沿断裂带常形成地槽埋深等值线梯度、重力异常梯度和磁异常梯度,说明兰聊、长垣两断裂是切穿地壳的巨型构造,活动略晚于兰聊断裂的黄河断裂位于该区地槽隆起的轴部,它控制了玄武岩的

本文1987年6月24日收稿,1988年3月21日改定。

1) 地洼构造单元划分系统为: 地洼区 { 地洼系—地洼列—地洼 { 地槽
地槽系—地槽列—地槽 { 地槽
地槽系—地槽列—地槽 { 地槽

喷发活动,亦是切穿地壳的巨型构造之一。这三条构造带对东濮地洼的形成和发展具有重要的控制作用。

在莱西面埋深34 km等值线内,由北而南还形成几个次级的地幔凸起,即文明堡凸(29 km)、孟岗-孟岗堡凸(30 km)和封丘堡凸(28 km)。它们之间均被东西向地壳厚度梯级带所分开,据 T_6 及 T_5 构造反射图和卫星象片解释,这些地壳厚度梯级带恰好是文明寨-范县、胡状集-毛岗、高平集-习城集、长垣-葛岗集、脑里-三春集等东西向断裂的反映。这些断裂在东濮地洼受北西-南东向拉张时,都表现为剪张性,故在地震剖面上不易发现,然而深部构造形态却为它们的存在提供了佐证。尤其高平集-习城集东西向断裂的存在,更是东濮地洼南、北沉积差异的构造原因。

上述五条东西向断裂和三条北北东向断裂,将东濮地洼的主体部分切割为濮城、卫城、前寨园、庆祖、东明、南何家、新庄、孟岗等八个菱形地质块体,构成地洼深部构造基本格局(图1),并控制了表层构造的发育。

1. 北北东向断裂

(1) 兰聊断裂

是东濮地洼东侧的边界断裂,南起河南兰考,北至山东聊城,全长270 km,该断裂通过聊城后仍继续北延,其规模可能更为宏伟,而不可能在聊城拐向北东东延伸到广饶。据地球物理资料,兰聊断裂与布格重力异常和地磁异常梯度带吻合;断裂倾向西北,倾角 50° — 60° ,上陡下缓;具同生性质,断距愈深处愈大,从上第三系至奥陶系的顶面,断距由100—200 m加大至7500 m,由于它追踪南北和北东两个方向的断裂,故外力作用的效果亦异,当外力与断裂面正交时,断裂的拉张幅度最大,反之则小,如白庙地区前第三系侵蚀面落差为300—400 m,而相邻的北面前寨园洼凹则增大到7500 m,地壳的裂隙深度与断裂的形态有关,裂隙深度小时断裂面较平直,上下倾角无明显的变化;裂隙幅度大时断面则呈上陡下缓的勾形,下降盘的地层略有旋转,并发育一系列与主干断裂成 30° — 35° 交角的次级羽状构造,形成新阶。

该断裂具长周多次活动、多成因复合构造性质,河淮地区 $1/100$ 万航磁异常表明^[2],在前地槽构造阶段,它已是一个重要的地质界面,其东侧的泰山群与西侧的赞皇群无论在岩性组合、变质程度、磁性强度等方面,都有很大的差异,它在地台阶段处于宁静状态,地洼构造阶段的燕山运动中重新活动,当时为压剪性构造,并与近南北向压扭构造、东西向张性构造、北西向剪性构造配套,反映该时期近东西对挤的统一的构造应力



图1 东濮地洼基底构造格局示意图

(据石油部地质研究所第二地质研究所编)

北北东向构造: 1—兰聊断裂, 1—黄河断裂, 1—长垣断裂。

东西向构造: ①—文明寨-范县断裂, ②—胡状集-毛岗断裂, ③—高平集-习城集断裂, ④—长垣-葛岗集断裂, ⑤—脑里-三春集断裂。

1, 2) 地质部航空物探大队九〇九队, 1981, 河淮平原构造地质调查报告。

场,地洼构造阶段余动期仍继承了这一构造格局,但由于此时东西挤压应力已为北西—南东拉张应力所代替,故上述诸配套断层的性质各向其反面转化,兰聊断裂此时成一条追踪性质的拉张断裂并构成东濮地洼的东部边界。

沙四初时,即应力场发生转变的阶段,该断裂对东濮地洼东部边界的控制并不明显,地洼内部的沉积作用仍反映有东西向构造的影响,沙四中时以后它对地洼的控制作用才日显重要,沙三晚时以后构造活动强度曾有南北分异,白庙以北活动强烈,沿断裂西侧沙二段曾有大量的冲积锥砂体出现;白庙以南活动强度相对减弱,湖水曾漫过它形成超覆现象。

(2) 长垣断裂

在东濮地洼的西侧,南起封丘(据卫星影像分析可能跨过黄河继续南下),北到南乐县城东侧(极有可能北延至临清地洼),已知长度130 km以上。断裂总体走向北北东,倾向南东,倾角 50° 。其地球物理场的特点远不如兰聊断裂明显,表明它切割地壳深度较浅,形成时间也较晚,据对中生代地层的控制情况分析,其形成时间大致为燕山运动中期。在华北运动Ⅱ幕期间,它的活动基本受兰聊断裂的制约,是兰聊断裂控制东濮地洼形成时,东濮块体东西重力差异的释能构造。又由于北西—南东的拉张作用,曾发生过右旋拉张运动,因而它把该区早期的北东向断裂,经改造后成为它的次级断裂,形成一套复杂的断裂系统,其形态在平面上由数条近似平行的与它成锐角相交的断裂(锐角指向西南)组成斜列式图案,在剖面上构成顺坡羽状断阶。

如上所说,长垣断裂在整个早第三纪的活动和兰聊断裂有一定的相关性,故在沙三晚时后,其活动强度亦显出南北差异,孟店以北沙二至沙一时曾出现湖水消退现象,紧靠长垣断裂的天云寺地区沙河街组有过剥蚀作用;孟店以南则强烈的沉降,在孟店一带形成沉积中心,同时湖水漫过长垣断裂向西超覆。

(3) 黄河断裂

是控制中央洼凸形成与发展的一条重要断裂,南起黄陵矶,北至范县,全长约120 km,与长垣、兰聊两断裂近乎平行并纵贯地洼中心部位。断裂倾向北西西,倾角 50° 以上,属同生断裂并具上陡下缓的构造形态。断裂的地球物理场背景为莫霍面上拱带的轴部,是东濮地洼地壳厚度最薄的地方,也是张应力最集中的地区。有人主张它是一条古老的基底断层在中生代的复活,目前的证据似不充分;但根据沿断裂常见有玄武岩的喷发活动,认为它是切穿地壳的深部构造并不过分。

黄河断裂的形成与兰聊、长垣两断裂的活动有成因联系,当东濮块体沿东西两侧边界断裂面作重力下滑时,其受力作用恰似一根中间受到支撑的横梁,当超过其负荷临界值时,将产生破裂变形,这就是黄河断裂形成的力学机制。黄河断裂的产生时间晚于兰聊、长垣断裂,也是这一机制的制约所致。据它对沙河街组的控制作用分析,其形成时间南北有差异,北部发生于沙四晚时,强烈活动在沙三时,停止于沙二时或沙一时;而南部则发生在沙三早时,强烈活动于沙三时—东营中期,并控制东营期孟店—孟岗沉积中心的形成,东营运动后停止活动。该断裂与东西向断裂的复合部位,如马厂、徐集、新集、柳口、习城等地区,常见玄武岩喷发活动。

上述三条北北东向断裂在空间上的组合,控制了东濮地洼两凹—凸格局的形成(图2)。

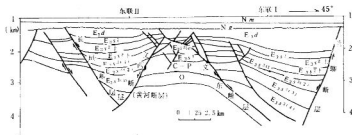


图2 东濮地洼地质构造剖面图
(据石油部地质研究所第二地质队地质剖面解释)

O—奥陶系, C—P—石炭、二叠系, E₁—新生界始新统, E_{2s1}—沙河街组一段, E₂—新生界渐新统, E_{2s2}—沙河街组二段, E_{2s3}—沙河街组三段, E_{2s4}—沙河街组四段, E_{2s5}—沙河街组五段, E_{2s6}—沙河街组六段, E_{2s7}—沙河街组七段, E_{2s8}—沙河街组八段, E_{2s9}—沙河街组九段, E_{2s10}—沙河街组十段, E_{2s11}—沙河街组十一段, E_{2s12}—沙河街组十二段, E_{2s13}—沙河街组十三段, E_{2s14}—沙河街组十四段, E_{2s15}—沙河街组十五段, E_{2s16}—沙河街组十六段, E_{2s17}—沙河街组十七段, E_{2s18}—沙河街组十八段, E_{2s19}—沙河街组十九段, E_{2s20}—沙河街组二十段, E_{2s21}—沙河街组二十一, E_{2s22}—沙河街组二十二, E_{2s23}—沙河街组二十三, E_{2s24}—沙河街组二十四, E_{2s25}—沙河街组二十五, E_{2s26}—沙河街组二十六, E_{2s27}—沙河街组二十七, E_{2s28}—沙河街组二十八, E_{2s29}—沙河街组二十九, E_{2s30}—沙河街组三十, E_{2s31}—沙河街组三十一, E_{2s32}—沙河街组三十二, E_{2s33}—沙河街组三十三, E_{2s34}—沙河街组三十四, E_{2s35}—沙河街组三十五, E_{2s36}—沙河街组三十六, E_{2s37}—沙河街组三十七, E_{2s38}—沙河街组三十八, E_{2s39}—沙河街组三十九, E_{2s40}—沙河街组四十, E_{2s41}—沙河街组四十一, E_{2s42}—沙河街组四十二, E_{2s43}—沙河街组四十三, E_{2s44}—沙河街组四十四, E_{2s45}—沙河街组四十五, E_{2s46}—沙河街组四十六, E_{2s47}—沙河街组四十七, E_{2s48}—沙河街组四十八, E_{2s49}—沙河街组四十九, E_{2s50}—沙河街组五十, E_{2s51}—沙河街组五十一, E_{2s52}—沙河街组五十二, E_{2s53}—沙河街组五十三, E_{2s54}—沙河街组五十四, E_{2s55}—沙河街组五十五, E_{2s56}—沙河街组五十六, E_{2s57}—沙河街组五十七, E_{2s58}—沙河街组五十八, E_{2s59}—沙河街组五十九, E_{2s60}—沙河街组六十, E_{2s61}—沙河街组六十一, E_{2s62}—沙河街组六十二, E_{2s63}—沙河街组六十三, E_{2s64}—沙河街组六十四, E_{2s65}—沙河街组六十五, E_{2s66}—沙河街组六十六, E_{2s67}—沙河街组六十七, E_{2s68}—沙河街组六十八, E_{2s69}—沙河街组六十九, E_{2s70}—沙河街组七十, E_{2s71}—沙河街组七十一, E_{2s72}—沙河街组七十二, E_{2s73}—沙河街组七十三, E_{2s74}—沙河街组七十四, E_{2s75}—沙河街组七十五, E_{2s76}—沙河街组七十六, E_{2s77}—沙河街组七十七, E_{2s78}—沙河街组七十八, E_{2s79}—沙河街组七十九, E_{2s80}—沙河街组八十, E_{2s81}—沙河街组八十一, E_{2s82}—沙河街组八十二, E_{2s83}—沙河街组八十三, E_{2s84}—沙河街组八十四, E_{2s85}—沙河街组八十五, E_{2s86}—沙河街组八十六, E_{2s87}—沙河街组八十七, E_{2s88}—沙河街组八十八, E_{2s89}—沙河街组八十九, E_{2s90}—沙河街组九十, E_{2s91}—沙河街组九十一, E_{2s92}—沙河街组九十二, E_{2s93}—沙河街组九十三, E_{2s94}—沙河街组九十四, E_{2s95}—沙河街组九十五, E_{2s96}—沙河街组九十六, E_{2s97}—沙河街组九十七, E_{2s98}—沙河街组九十八, E_{2s99}—沙河街组九十九, E_{2s100}—沙河街组一百。

文西断裂也是一条切穿基底的西掉正断层,它仅见于地洼北部,从卫城南下经文西延至河岸后即去向不明。关于它与黄河断裂的关系,可从下列事实看出端倪:(a)西部洼凹东缘在黄河南、北都各有一条西掉正断层作为边界(见图2),仔细比较其形态和作用二者是相似的。(b)在南部黄河断裂由两条主断层控制中央洼凸,而北部仅见文西断裂,但如果把濮城断层包括进来(卫星影像反映濮城断层为黄河断裂北延部分),则北部中央洼凸也由两条西掉正断层控制,只不过两者间距稍大,形态更复杂。在文留地区因文东滑脱新层限制了濮城断层向下发展,掩盖了问题的真象,增加了认识它们之间关系的困难。(c)文西断裂自文留南延至习城集后,由于东西向断裂的干扰,混淆了它和黄河断裂的交接关系。根据上述三点,可认为文西断裂是黄河断裂的北延部分。

2. 东西向断裂

布格重力异常局部东西密集梯级带和地壳厚度局部东西梯级带都反映前述五条东西向断裂带的存在,区域地质资料表明它们是一组较老的构造线,地台阶段和地洼初期对本区沉积厚度,岩相分布有控制作用,并控制东濮地洼沉积中心由北向南迁移。东濮地洼南北区在构造特征、沉积建造上的差异,就是高平集—习城集东西向断裂的分割所致。

(二) I级断裂特征

1. 南北向断裂

东濮地洼的基底有四条显示清楚的南北向断裂,其中,范县—毛岗、永年集—马头寨、新庄等三断裂,位于东濮地洼东侧,常为兰聊断裂所追踪,构成兰聊断裂带组成部分(见图3)。范县—马厂断裂处于地洼的中心,它被黄河断裂在个别地段追踪、利用,因而难以确定其规模和形态,据对沙河街组所作的厚度趋势分析,当它被黄河断裂追踪、利用时,表现为拉伸性质,常常出现较大的沉积厚度趋势正偏差;当它未被追踪、利用时,表现为挤压性质,则出现负的沉积厚度趋势偏差值,其偏差值等值线发生挠曲,沿断裂常形成一系列的潜山构造,极有可能是潜在的储油构造。

2. 北西向断裂

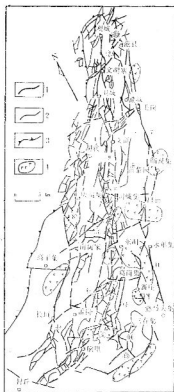


图3 东濮地洼构造纲要

(据石油部勘探局第二地质部资料修改)

- ①—站状—毛岗断裂, ②—文明寨—范县断裂, ③—高平—习城断裂, ④—长垣—马厂断裂, ⑤—临清—三春集断裂, ⑥—黄河断裂, ⑦—兰考断裂, ⑧—长垣断裂, ⑨—文安断裂, ⑩—范县—毛岗断裂, ⑪—永年—马头断裂, ⑫—新庄断裂, ⑬—马厂—马南断裂, ⑭—范县—三春集断裂, ⑮—长垣—范县断裂, ⑯—马厂—范县断裂, 1—基底断裂, 2—主要逆断层, 3—地洼沉降, 4—不整合

地洼的形成, 发展的密切关系, 故构造演化特征和经历的过程往往通过地洼的兴衰形式表达出来。东濮地洼的形成演化, 大致经历了如下两个构造演化期。

(一) 拉张—断陷期 (晚始新世—渐新世)

东濮地洼的北西向断裂比较隐蔽, 从卫星影像和地震剖面难以识别, 较为显著的有作为地洼北部边界的马陵断裂和南部边界的封丘北断裂, 它们在布格重力异常和地磁异常上都有明显的反映, 区域地质资料表明, 均属张裂性断裂。

3. 北北东向断裂

其规模较大而又比较重要的为文东断裂, 位于东濮地洼的北缘, 北起文明寨, 南延至河岸地区, 全长 50 km。它是一条倾角较为平缓 ($30^{\circ}-40^{\circ}$), 向东倾斜的重力滑脱断裂, 下部切割到地洼的基底内, 在 2000—3000m 的深处处错断濮城断裂, 并使濮城断裂的下降盘形成滚动背斜, 本区有名的濮城油田即与该断裂的滚动背斜圈闭有关。文东断裂下降盘有一系列与之同向或反向的次级正断层, 这些次级断层向下收敛到主干断层面上, 形成中央洼凸上次级、垒相间的构造格局 (见图2)。

(三) II级断裂特征

东濮地洼的表层断裂都属于 II 级断裂, 它们共同的特点是: 都不切割地洼的基底, 并且都从属于某一方面的主干断层, 是地洼基底块构造运动在表层中的反映和记实, 它们数量多, 互相切割。据统计, 东濮地洼存在有 400 多个大小不等的地面块体, 就足以说明其复杂程度 (图3)。

二、东濮地洼构造演化

东濮地洼构造演化明显受基底构造发展规律的控制。由于构造演化与

晚始新世—渐新世,东濮地区受到浅层区域性拉张和深层地幔底辟两个构造应力场的作用,控制了东濮地洼断陷期的构造演化。油注余期地壳的物理状态,是冷缩的地质块体互相侧拉张,在无区域外力作用时,这种拉张作用是随机的、无序的,但由于受亚欧大陆对太平洋块体仰冲的影响以及深部地幔向东南方向蠕动的的作用¹⁾,因而无序的拉张转变为南东—北西方向有序拉张应力,于是形成北北东—南南西方向的地壳减薄带和裂陷带,沿裂陷带地质块体差异升降形成一些下降速度较快的负性构造——断陷型洼地。由于均衡调整作用,地壳的减薄、裂开而造成的地壳质量亏损,得到来自壳下物质的补偿,因而导致地幔的底辟和莫霍面的抬升,并增强了浅层地壳的拉张作用和进一步减薄过程。这二种应力场是相辅相成的,互为依存的,后者受前者的控制。断陷期地洼的主要构造形态为断陷型洼地并包括如下三个构造演化阶段。

1. 断陷型地洼形成阶段

在区域性拉张应力作用下,出现地壳减薄、破裂和莫霍面抬升的构造环境,形成北北东向断陷型地洼(图4)。具体表现为东濮地洼北部沉降快,沉积中心处于东北部,具箕状(半地堑)构造形态,沙四时(晚始新世),兰聊断裂在南东—北西向拉张力作用下,追踪区内的南北向及北东方向的断裂开始活动。至沙四末时已形成总体呈北北东向的锯齿状张性正断层,构成地洼的东部边界。长垣断裂形成过程大体相同,而时间略晚于兰聊断裂。沙四末时,东濮地洼已演变为双断式地堑构造形态,但由于兰聊断裂生成时间较早,上盘沉降速度快,仍保留初期箕状构造某些特点。据区域地质资料、卫星影像、区域布格重力异常、地磁异常及沙河街组各岩性段厚度趋势分析验证,兰聊、长垣两断裂是既继承了古构造许多性质,又增加了新的地质内容的复杂构造系统。它在新的构造环境下的复活,

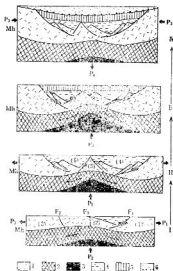


图4 东濮地洼形成和演化示意图

I—断陷型地洼形成阶段, P_1 的作用,地壳减薄、拉裂,莫霍面抬升, II—断陷型地洼发展阶段, P_1 的持续作用,地壳进一步减薄、拉裂,莫霍面进一步抬升,增强了区域拉张作用, III—断陷型地洼成熟阶段,在拉张作用消失,地幔底辟作用起生的深部拉张作用继续存在, IV—断陷型地洼断压阶段,地壳大面积下沉, F_1 —兰聊断裂, F_2 —长垣断裂, F_3 —黄河断裂, (1)有泽地可, (2)—东濮地洼, (3)—内黄地洼, (4)—长垣地洼, (5)—中夹性凸, (6)—西郭洼, P_1 —浅层区域拉张应力, P_2 —地幔底辟上拱力, P_3 —区域挤压应力, P_4 —地壳均衡下降力, Mh—莫霍面, 1—地壳, 2—地幔, 3—软流圈, 4—断陷型地洼形成及发展阶段沉积物, 5—断陷型地洼成熟阶段沉积物, 6—断陷型地洼断压阶段沉积物

1) 陈国达, 1987, 中国东部后地台造山带新生代盆地成因一辨, 全国第三次构造会议发言摘要。

就是东濮地洼形成的开始。据对明显受兰聊断裂控制的三个洼凹的年沉降速度的统计,该断裂的活动并不齐一(表1)。这种沉降速度的差异与兰聊断裂的走向及外力作用的方向有关。毛岗以北断裂呈南北走向并与区域拉张应力斜交,因而表现为张剪性构造;

表1

洼凹名称	濮城	濮东四	惠岗集
年沉降速度 (mm/a)	0.21	0.36	0.11

(据石油部中原石油勘探局,《冀鲁盆地第三系生油特点及评价》,第四组为作者补充)

前梨园至白庙这一段兰聊断裂为北东走向,正好与拉张应力正文,属纯拉张性构造。因此,前梨园洼凹在东濮地洼演化各个阶段,始终保持稳定的沉积并作为沉降中心而不变。兰聊、长垣断裂的活动强度具北强南弱的特征,因而东濮地洼的沉积作用南北有异。高平集—习城集断裂以北,湖面开阔,下陷较深,沉积厚度较大,估计沙河街组接近8000 m左右。沉积体系复杂,沙四中、晚时湖水咸化,盐分浓缩,柳屯—文留地区出现盐湖沉积,形成一套以厚层盐岩、石膏夹灰色、灰黑色泥岩及薄层油页岩、白云岩为特征的含盐建造。沉积相带呈环状分布,向四周随厚度的减薄而发生相变,盐岩减少甚至消失,代之而为砂、泥岩。这是本区第一套生油、储油地层,油气可自生、自储在两盐层之间砂体中或盐岩向砂岩过渡的区域中。沙四晚时,由于兰聊断裂持续活动,东濮地洼北部沉降到达最大幅度,导致悬梁效应的产生。文明寨—文留地区张应力日益增加;稍后,长垣断裂也发生断陷活动,东濮地洼西侧差异升降加大,悬梁效应向横梁效应作用转化,因而文明寨—文留地区的张应力增大至足以使地洼基底破裂的强度,形成了北北东向的文留断裂,断裂发展趋势由北向南,倾向北西西,随着下陷与沉积补偿作用的继续,断裂向深部扩展,故属同生断裂。从此东濮地洼北部被一条北北东的水下断棱分割为东、西两个洼凹,形成两个半封闭还原水体,两凹一凸的构造格局雏形形成。此时东濮地洼的南部则为广阔的水下斜坡区,物源较近,以粗碎屑物的沉积为其特色。据资料^{1,2)}沙四段在地洼南部为河滩相沉积,向上逐渐过渡为滨湖—浅湖相灰色、褐色砂、泥岩,偶夹薄层碳酸盐岩及油页岩,具一定生油能力。砂岩中常见到冲刷面和泥砾、递变层理、断续水平层理等沉积特点。每个沉积旋回顶部具虫孔遗迹。沙四末时气候逐渐变为干燥,河水补给量减小,沉积物由浅湖相向河流相过渡,发育一套紫红色粉砂岩及泥岩,厚度可能大于500m。

2. 断陷型地洼发展阶段

在区域性拉张应力持续作用,地壳进一步减薄、拉裂,冀鲁面较前抬升更高的构造背景下,东濮地洼处于发展、成熟阶段(见图4)。具体表现为地洼构造基底进一步裂解、破碎,逐步形成整个地洼两凹一凸(双断式W型)构造格局。在其发展的晚期地洼的沉积中心由北东向南东迁移。

沙三时东濮地洼南部基底差异升降活动日益加剧,黄河断裂由北而南重新活动,断裂沿兰考洼凸西侧经桥口直达濮城,与兰聊断裂大致平行,纵贯地洼南北的东、西两凹的构造格架至此已完全确立,但地洼南、北两区的构造演化仍有差异。北部的构造形态较前更为复杂,文东重力滑脱断裂的形成,奠定了文留断垒块构造雏形,因而中央洼凸

1) 齐兴宇, 1984, 冀鲁南缘区域构造条件几点新认识。

2) 地质部第二石油勘探指挥部石油大队, 1981, 东濮地洼第三系地质研究报告。

带上又出现了断陷较深的蒺藜洼陷, 横向剖面形态呈现三四二凸(指水下凸起)结构。构造的复杂化又控制了沉积建造的分异, 沙三⁴段在东部洼陷为盐湖相的盐岩夹黑色泥岩及油页岩, 蒺藜洼陷和西部洼陷为深水湖相灰色泥岩、钙质页岩及灰色粉砂岩。

沙三³至沙三²段, 东濮地洼的北部普遍为半咸水—咸水、浅湖至深湖相沉积, 具体表现为多个盐韵律(最多达 9—12 个)¹⁾ 夹砂、泥岩或含膏泥岩, 形成垂向多套盐间砂体和横向错综复杂的盐砂过渡区域, 是非常理想的岩性储油区。

沙三¹时, 兰聊断裂南段活动加剧, 地洼的沉积中心向东南迁移, 兰考洼凸向南退缩变小, 周围出现超覆沉积, 南部湖面开阔。据有关资料²⁾, T₄ 反射层在马厂构造区与下伏反射层成明显的交角, 形成角度不整合。华北石油地质局通过像深—井、马古—井、开七井、春—井、东—井等东西连井构造剖面分析³⁾也得出上述相似的看法。在沉积建造方面, 沙三段下部为棕色、浅灰色细砂岩及粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩, 砂岩的分选性不好, 具水下冲积扇或漫流相沉积特点; 上部为褐色、灰黑色泥岩互层夹白云岩、油页岩等湖相沉积物, 反映南部湖盆不断加深的发展过程。

沙二至沙一时由于黄河断裂活动加剧, 地洼基底东西差异升降活动得到了调整, 中央洼凸相对上升作用日趋停止, 并基本定形, 沙二段直覆其上形成被覆构造。此时东西向断裂活动对本区沉积作用南北分异的控制显得重要, 致使毛岗—柳屯、习城—孟岗、葛岗集—孟岗等东西带沉积厚度较大; 乌云寺、观城等区抬升而遭受剥蚀; 文留出现浅湖—盐湖沉积。兰聊断裂所经过的蒺藜地区, 发育一系列水下冲积扇砂体, 成为该区主要岩性油藏。而长垣—葛岗集断裂以南, 湖面开阔, 湖水漫过兰聊、长恒断裂分别向东、西方向扩张, 形成一系列超覆构造和潜山构造, 其中徐集—马厂、三春集等潜山构造, 可能为南部重要的油气藏。

据像深—井资料⁴⁾, 沉积建造特点反映此一阶段的沉积环境为河流相—滨湖相—深水湖相—河湖交替三角湖相的变化过程, 孟居洼陷是当时沉积中心, 沉积了厚达 700 m 以上的褐色泥岩、粉砂岩及棕色粉砂岩、细砂岩(属沙二段), 深灰色泥岩与棕色粉砂岩夹层泥质灰岩(沙一段), 和北部比较, 显然属不同的沉积环境。

3. 断陷型地洼萎缩阶段

东营期继承了沙一时的构造格局, 但此时构造环境发生了变化, 浅层地壳所受的区域性拉张作用消失, 然而地幔底辟作用所派生的深层拉张性效应依然存在, 故兰聊、长垣、黄河等断裂的构造活动仍然继续(见图 4)。东濮地洼南部构造活动相对强烈, 因而导致大幅度下陷, 在前次湖—海通集—孟岗—孟岗一带成为强烈的沉降和快速堆积区, 沉积厚度达 1000 m 以上, 个别地区为超过 3000 m(孟岗)的红色泥岩与砂岩互层。伴随沉降的同时, 湖面缩小到沙三时的规模, 长垣断裂以西、兰聊断裂以东都不同程度地遭受剥蚀。东营晚期, 东濮地洼的拉张—断陷作用趋于停止, 地洼被填平补齐, 并逐步过渡为统一的断陷广盆, 其演化过程见图 4。

1) 石油部中原石油勘探局地质研究所, 1979, 东濮地洼北部下第三系沙河街组地层对比综合研究。

2) 乔兴宇, 1982, 黄河冲积扇沉积带沉积条件认识。

3) 地质部第二石油勘探局探区地质大队, 1981, 东濮地洼像深—井地质研究报告。

4) 地质部第二石油勘探局探区地质大队, 1981, 东濮地洼像深—井地质研究报告。

(二) 挤压-塌陷期 (中新世-更新世)

东营运动后,东濮地洼的构造形态发生了由断陷型向坳陷型的转变(见图4),这是因为:(1)随着热能的消耗,地幔冷却,深部物质密度增加,因而地壳产生区域性均衡下降。又因侵入到地壳下部的辉长岩转变成榴辉岩,以及地洼巨厚沉积物的充填,更增加了地壳的负荷,导致地壳下沉幅度的增加;(2)中新世以来,东亚边缘海开始张开,上新世时边缘海的扩张达到了高潮并生成了新的洋壳,使处于其西侧的华北地洼区,受到来自南东方向的水平挤压作用。构造环境和区域应力场的转变,使整个华北地洼区(包括东濮地洼)向区域性坳陷和下降方向发展,原来分割性较强的华北地洼区转化为统一的广盆坳陷,并沉积了一套较为稳定的、以砂页岩为主的馆陶组 and 明化镇组,这种构造格局继续到现在并控制了第四系平原组的沉积趋势。

三、结 束 语

东濮地洼的构造特征,反映其形成机制和动力条件,既有浅层的拉张作用,也有深层地幔的底辟因素,单纯的强调某一因素和过程都是不完善的。例如某些学者看到东濮地洼基底的下陷和莫霍面的抬升呈镜像反映这一特点与东非,贝加尔裂谷型地洼区十分相似,因而强调深部地质作用导致地壳拉张,减薄、断裂等一系列物理过程对东濮地洼形成的控制,把地幔隆起当作地洼形成的主要原因。另一些地质学者计算了华北地洼区地幔隆起的幅度,指出它只能产生有限的拉张量,不足以形成今日所见的裂谷规模^[1],而且也不能合理解释东濮地洼沉积厚度和拉张幅度的线性关系。他们认为“地幔柱不是(裂谷)的起因,而更象是地壳隆起与裂开”^[2],因而主张从多方面去寻找地球动力条件。作者在研究东濮地洼演化规律及其形成机制时,充分地考虑了浅层地壳和深层地壳地质过程,强调东濮地洼形成、演化控制条件,是早期(拉张-断陷期)浅层地壳受区域性拉张应力作用减薄、破裂,导致深层地幔底辟上升,并产生侧向蠕动(拉张),形成双层拉张应力场控制早期断陷型地洼的发展。晚期(挤压-坳陷期)则因区域性的挤压和地壳均衡调整联合作用,控制东濮地洼向坳陷型地洼方向发展。东濮地洼早、晚两期的构造演化,是在不同的构造环境下完成的。

本文的撰写过程中,利用、参考了石油工业部中原石油勘探局、地质矿产部华北石油地质局所提供的钻井资料和数据,同时还使用了石油工业部物探局第二指挥部提供的地震剖面,特向他们致谢。

参 考 文 献

- [1] 陈国达, 1977, 中国大地构造纲要(摘要), 陈国达地质学论文集407页, 中国工业出版社。
- [2] 胡朝元, 1982, 石油实验地质, 第4卷, 第4期。
- [3] 朱 夏, 1979, 石油实验地质, 第1期。

TECTONIC CHARACTERISTICS OF THE DONGPU DIWA AND ITS EVOLUTION

Ouyang Shahuai

(*Chengdu Institute of Geotectonics, Academia Sinica*)

Abstract

The Dongpu Diwa (depression) is located at the southern end of the Bohai Bay Diwa series in Huanghe-Huaihe Diwa system, North China Diwa region. It developed on the basement formed in platform tectonic layer of the Paleozoic or structural basement of the Mesozoic, and had the structural form of double fault graben. One of the most striking characteristics is the development of rhombic fault blocks on the basement. NNE striking Lanliao, Changyuan, Huanghe faults and nearly EW stretching Wenmingzhai-Fanxian, Huzhuangji-Maogang, Gaopingji-Xichengji, Changyuan-Gegangji, Naoli-Sanchunji faults cut the basement of the Dongpu Diwa into eight blocks. The sediments that are arranged into zones in E-W direction and blocks in S-N direction are also controlled by these faults. The isobath of 34 km in the Moho depth draw clearly the outline of the Dongpu Diwa, this indicates the relation of mirror image with NNE trending swell of the mantle. Its tectonic evolution underwent two stages. The early period (the Late Eocene-Oligocene) was tensile-faulted stage, forming fault-depressed diwa, the late one (the Miocene-Pleistocene) was compresso-depressed stage, forming depressed diwa. The formation mechanism of the Dongpu Diwa is that the tectonic evolution began with the conjunction of a decrease of the crustal thickness and diapiric uprise of the mantle caused by regional tensile stress in the early stage. The main feature was that the volume of crustal extension vary directly as the thickness of sediments, subsequently, the crust depressed due to balanced adjustment assisted by SE-NW compression in the late stage. Its principle character was the evolution of separated sags to an unified and extensive depressed basin.