

# 早第三纪济阳湖盆的形成和演变<sup>\*</sup>

张宝民 任森厚 肖宗峰

(北京师范大学)

**提 要:** 在构造和气候的综合作用下, 本区在早第三纪成为一个大型裂谷湖盆, 并在沙四、沙三和沙一期因受古太平洋海泛影响而具有“近海”湖盆的特征, 其演变经历了初始形成—强烈扩张—晚期扩张—收缩干涸四个阶段, 构成一个完整的湖侵—湖退旋回和湖泊早期形成—中期扩张—晚期收缩三个亚旋回。

**关键词:** 早第三纪 济阳裂谷湖盆 形成演化 海泛

构造和气候是控制湖盆形成、演化的最主要和最活跃的因素。一般地讲, 前者为非地带性因素, 其主要作用在于造盆, 即形成隆、凹分异的地貌格局, 为外力侵蚀、降水和径流的汇聚, 为风化剥蚀产物的堆积提供条件和场所, 并决定了湖泊高程、深度和面积等特征; 后者属地带性因素, 其主要作用在于成湖, 即为湖泊的形成提供降水、径流, 为湖盆区地貌演变提供物理、化学和生物化学营力, 并由此决定了湖泊的水化学性质和沉积物的组合类型。这两个因素的联合作用, 造就了众多的湖泊类型及其沉积建造。本文即拟从构造和气候这两个方面, 并结合古地貌、古生物、海泛和沉积地球化学等, 对早第三纪(山东省)济阳湖盆的形成机制、演变序列及其特征作一综合探讨。

## 一、济阳湖盆的形成

本区基底为太古界结晶深变质岩系, 在古生代发育了地台盖层沉积, 在中生代演变为安第斯式山弧后同造山期小型箕状断陷山间盆地沉积<sup>[1]</sup>。早第三纪, 由于位置低、密度大的太平洋板块向下、向NW方向的剧烈俯冲消减和欧亚板块东南缘的向上仰冲、向洋蠕散, 便在中国东部地区形成了NW—SE向区域引张应力场, 而太平洋板块向下俯冲拖曳之物质, 又使中国东部地区的壳—幔物质产生强烈对流, 从而形成一系列单列式或三联式地幔隆起带, 以渤海中为三联点(triple junction), 由下辽河、黄骅、济阳构成的渤海湾地幔隆起带<sup>[1,2]</sup>为其典型。在区域拉张和地幔拱起的联合作用下, 本区前第三纪形成的一、二级基底断裂转化为盆倾张裂构造系, 在此基础上又产生了一系列三级、四级、五级沉积同生盆倾张裂构造系。在剖面上, 这些断裂多具有上陡(倾角 $60^{\circ}\pm$ )、下缓(倾角 $40^{\circ}$ — $20^{\circ}$ )甚至断裂根部与盆地底面平行的梨形形态(listric shape), 并组合为断阶—地堑—地垒。这些正断层在

本文1991年7月19日收到, 1992年4月14日收到修改稿

<sup>\*</sup> 国家教委博士点基金资助项目的部分内容。

下盘掀斜上升、上盘下滑旋转过程中,使一系列地块相互拉开并产生强烈的差异性掀斜、地垒式抬升和箕状、地堑式沉降,由此所产生的扩张裂陷作用便使本区成为中国东部大陆边缘裂谷系的一部分、渤海湾大陆裂谷盆地的南支,并使之呈现为一系列串珠状凹陷、洼陷被鲁西、宁埕两大隆起山地所挟持的总体地貌格局和两端收敛、向东撒开及北断南超、北陡南缓、北深南浅的整体平面形态(图1)。而且,这些断裂的活动性在时间上出现孔店期较弱—沙四期增强—沙三和沙二期达到高峰—沙一期减弱—东营期又减弱并最终停止的变化,从而又使济阳裂谷盆地的扩张裂陷呈现明显的阶段性和周期性[3]。

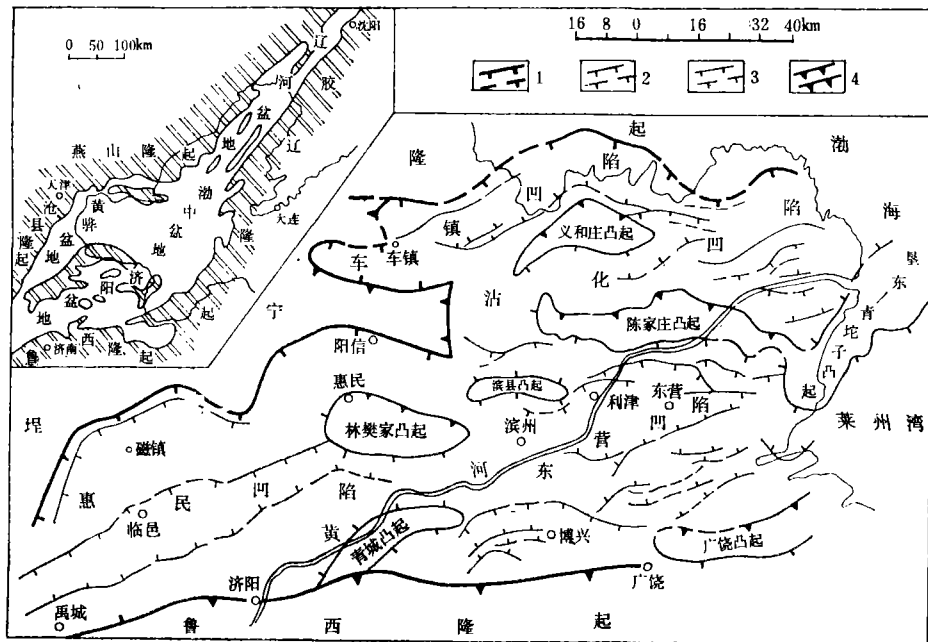


图 1 早第三纪济阳盆地构造纲要图

1. 一级实测及推测正断层 2. 二级实测及推测正断层  
3. 三、四级实测及推测正断层 4. 沉积-剥蚀边界

Tectonic framework of the early Tertiary of Jiyang Basin

始、渐新世,本区地处北亚热带[4],降水丰沛,虽内流系统汇水面积较小,径流流程较短,但流速、流量很大,与今日云南高原断陷湖泊的内流系统相似,从而造就了最大水面达 $2.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、最大水深 $\geq 80 \text{ m}$ 的巨大湖体。径流自南北两侧山地及盆内凸起向湖盆搬运大量碎屑、粘土和化学物质,并在其中快速沉积下来,由此造就了厚达7200m、反映大陆裂谷和亚热带特点的河湖相建造。

## 二、济阳湖盆的演变

在早第三纪济阳裂谷演化进程中,周期性横向拉张和间歇性基盘沉降作用贯穿始终,总

体上经历了由弱—强烈—弱的演变,气候也呈现出干湿相间的规律性变化,并在沙四、沙三和沙一期又叠加上古太平洋海泛的影响,由此联合作用所造就的济阳湖盆,也经历了早期初始形成—中期强烈扩张—晚期扩张—末期收缩干涸的演变过程,构成一个完整的湖侵—湖退旋回和三个亚旋回。

### (一) 孔店期 (E<sub>2x</sub>) 湖盆初始形成

此期属裂谷初始扩张裂陷阶段<sup>[3]</sup>,其横向拉张和垂向沉降幅度很小,断裂活动仅表现为盆地边缘一、二级基底断裂复活并转化为同生盆倾断裂。受这些断裂控制,在惠民地区的南、北边缘和东营地区南缘,分布着彼此不连续的断陷洼地,具有山间盆地的性质,而惠民、东营、沾化和车镇等地区还是与埕宁隆起相连的面积广阔的物源剥蚀区(图2)。

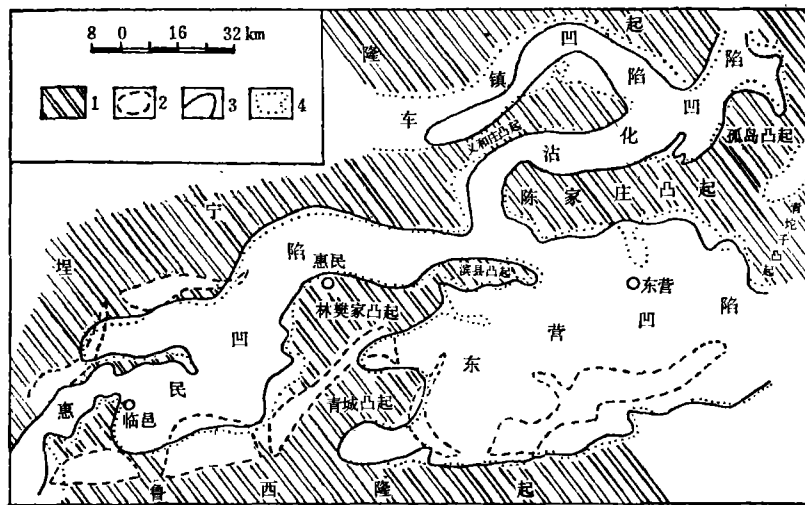


图2 济阳盆地孔店期和沙四期古地理图

(据胜利油田王捷, 1985资料改编)

1. 物源剥蚀区 2. 3. 4. 依次是孔店期、沙四早期、沙四晚期河湖相沉积区及其边界  
Palaeogeographic map of the Kongdian and Shahejie-4 epoch (early to middle Eocene) of Jiyang Basin

孔店早期,上述洼地沉积了冲—洪积红色砂砾岩和砂泥岩;孔店中期,沉积了沼泽—浅湖相灰色砂泥岩夹薄煤层及泥灰岩,标志着湖泊的形成;孔店晚期,湖泊消亡,代之以冲—洪积红色砂砾岩和砂泥岩沉积。从孔三段、孔一段的红色沉积看出,以及孔一段孢粉组合为麻黄粉—三孔脊榆粉—漆树粉属—希指蕨孢判断<sup>[5]</sup>,孔店早、晚期的气候属于干燥炎热的亚热带。依据孔二段沉积组合及其所含 *Eucypris wutuensis*—*Limnocythere weixianensis* 动物群生态,以及孢粉组合以喜湿热的杉科发育为特征<sup>[5]</sup>等综合判断,当时的沉积水化学性质属典型的陆相淡水,气候为湿润炎热的亚热带。孔店组沉积后,地壳抬升,遭受风化剥蚀,形成局部的平行不整合面。

### (二) 沙四—沙二期湖盆强烈扩张

此期正值裂谷强烈扩张裂陷阶段,其横向拉张和垂向深陷幅度最大,三、四级沉积同生断阶—地堑—地垒系逐步形成并剧烈活动,惠民、东营、沾化和车镇4大凹陷形成并逐渐发展为彼此相连通的深湖泊。特别是沙四期和沙三期,因盆地基盘强烈沉降而导致湖面低于海

面,造成内、外流系统对盆缘山地的强烈溯源侵蚀并将其切穿,从而使外流系统的某些大河转向而流入本区,流域面积和来水量成倍增加,并在古太平洋海面升高的古地理背景下<sup>[6]</sup>,海水循河道周期性地泛入本区,使之成为大型“近海”湖盆,湖盆扩张达到高峰。

1. 沙四期( $E_4^s$ ) 惠民、东营、沾化和车镇4大凹陷为鲁南、埕宁两大隆起山地所挟持,中部为青城-林樊家-滨县凸起和陈家庄-孤岛-青坨子凸起,以及与埕宁隆起相连的义和庄凸起。4大凹陷之间的连通性较差,惠民凹陷东隔滨县凸起与陈家庄凸起间的鞍部与东营、沾化凹陷相连(见图2)。由于强烈扩张裂隙所导致的两侧山地的剧烈抬升和盆地基盘的强烈沉降,使本区高差悬殊,呈现高山深盆式的古地貌景观<sup>[3,7]</sup>,从而又使4个凹陷表现出截然不同的水化学和沉积建造特征。

当时,惠民凹陷的沉积中心尚在该凹陷北部的磁镇—临盘—商河—阳信一带,发育了深湖相泥岩和油页岩,其南北两侧皆为冲积平原相的棕红色砂泥岩和冲—洪积砂砾岩。沾化—车镇凹陷腹部则为灰色泥岩、砂岩沉积,并夹薄层或透镜状石膏层,其边部为冲积平原相和冲—洪积相沉积。唯东营凹陷沉积了一套高温高盐深水潟湖相蒸发盐岩,其下部为厚达200m的紫红、灰绿色含石膏砂泥岩和砂砾岩;中部为厚达1000m、具复理石(Flysch)韵律的深灰泥岩、软泥与灰白色硬石膏互层的沉积,并夹盐岩和杂卤石层;上部为厚达850m的深湖相深灰色泥岩,夹石灰质白云岩、油页岩和砂岩。

本段沉积物中既含陆生之*Austrocypris levis*和*Cyprinotus igneus*,又含半咸水之*Lymnaea binxianensis*和*Sinoplanorbis sinensis*,还含半咸水—海相之*Triloculina*,*Nonion*,*Deflandrea*,*Cladosiphonia sinensis*,*Shrpula shandongensis*,*Diplomystus*和*Knightia*等生物群<sup>[8]</sup>。其地球化学指标为:惠民凹陷沉积物中B含量介于50—140ppm之间,B/Ga值介于4.2—12.5之间,Sr含量介于70—2200ppm之间,Sr/Ba值平均为4.6,均指示过渡相的半咸水—咸水环境<sup>[9]</sup>;惠民凹陷石灰岩的氧、碳同位素Z值为113.0,反映湖相沉积特征<sup>[9]</sup>,而东营凹陷的Z值介于125.92—141.73,指示海相沉积特征<sup>[10]</sup>。此外,还见通常生于海相环境的天青石和海绿石。这些证据表明,本区曾多次受到古太平洋海泛影响而使之成为“近海”湖盆,从而造就了其中的过渡相生物群和过渡相深湖沉积。但是,区内各凹陷受海泛影响的程度不同,以东营凹陷最甚,沾化—车镇凹陷次之,惠民凹陷又次之,这可从区内具有海源陆相特点的蒸发盐岩的分布规律得到证明。

沙四晚期,东营高温高盐潟湖消失,代之以咸水—半咸水的深湖相泥岩沉积,在滨南、滨北和平方王等水下隆起上,还发育了龙介虫点礁、德弗兰藻点礁和生物滩、生物灰岩,造礁过程中水体的含盐度由54%降到20%<sup>[11]</sup>,这不仅说明古太平洋海泛对本区的继续影响,还说明东营凹陷受海泛影响的强度和水体的碱度高于其它凹陷。

沙四段孢粉组合以麻黄粉属、杉科发育和落叶阔叶植物(栎、榆)花粉开始增多为特征,其下、中部孢粉在属种上与下伏孔一段相似<sup>[5]</sup>,由此证明沙四早、中期的气候仍是干燥炎热的亚热带,晚期则向湿润炎热转化,这与沉积建造所反映的气候特征及其演变序列一致。随着气候演变,风化剥蚀和沉积作用的进行,区内地势分异逐渐减小,高差逐渐减低,各凹陷间的连通性逐渐变好,这也可从区内各凹陷间在沉积建造上的差异性逐渐减小、相似性逐渐增强得到证实。

沙四段沉积完后,局部地区地壳抬升,遭受风化剥蚀,形成局部的平行不整合面,临邑断裂带活动加剧,南盘剧烈下降,北盘相对抬升,形成阶梯状掀斜断块,中央隆起带开始形成。与此同时,在东营凹陷由于断裂作用导致未压实泥岩、膏盐和盐岩发生塑性流动,生成“莲花”状底辟拱张构造,东营中央隆起带开始形成。这两个隆起带的形成,使统一的济阳盆地解体,形成若干个深洼陷和低凸起,凸凹分异格局更趋复杂。

2. 沙三期( $E_2^{3-3s}$ ) 沙三早期,基本上继承了沙四期的古地理格局,唯义和庄凸起演变为孤岛而被深湖包围,沾化-车镇凹陷呈环带状展布而与惠民和东营凹陷连通。沙三中期,无棣与林樊家-滨县凸起间鞍部抬高并露出水面,使惠民与沾化-车镇凹陷的连通受阻,而林樊家-青城凸起间鞍部却下降,沟通了惠民与东营凹陷。沙三晚期,古地理格局基本与中期相似,只是盆地北部的水域范围有所缩小,滨县凸起与陈家庄连在一起,阻断了东营与沾化-车镇凹陷的连通,惠民凹陷的沉积中心迁移至临南洼陷(图3)。

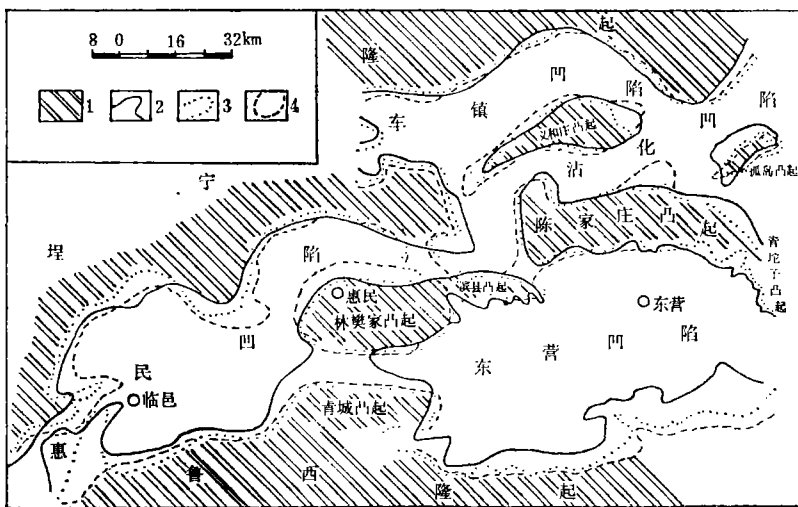


图 3 济阳盆地沙三期古地理图

(据胜利油田王捷, 1985年资料改编)

1. 物源剥蚀区 2, 3, 4. 依次是沙三早、中、晚期河湖相沉积区及其边界

Palaeogeographic map of the Shahejie-3 epoch

(late Eocene to early Oligocene) of Jiyang Basin

沙三期, 济阳裂谷的扩张裂陷最强烈<sup>[3]</sup>, 盆地基盘急剧沉降, 在沙四期深湖的基础上继续断陷加深, 形成早第三纪最大深湖期, 最大水深可 $\geq 80\text{m}$ 。其特点是: 深湖直逼山前, 全区广布深湖相暗色泥岩和油页岩沉积; 在盆地北部分布着一系列近岸半深水扇、远岸深水扇和浊积扇, 并被夹于暗色泥岩和油页岩之中, 盆地南部分布着许多大型三角洲及深水扇和浊积扇; 古太平洋海水泛入仍间歇性进行, 并波及全盆地; 深湖半咸水-咸水生态的 *Huabeinia*-*Candona* 动物群繁盛, *Bohaidina* 等藻类植物群更是空前繁盛, *Diplomysuts* 和 *knitia* 等继续繁衍和发展; 惠民凹陷沉积物中的 B 含量和 B/Ga 值从沙三段下部的 50—175ppm 和 3.0—50.0 分别变到沙三段中、上部的 28—140ppm 和 2.6—13.5, 而 Sr 含量和 Sr/Ba 平均值从本段下部的 70—1100ppm 和 2.7 分别变到本段中、上部的 73—2820ppm 和 2.67<sup>[9]</sup>, 均指示为半咸水-咸水、过渡相为主体的环境。此外, 本段地层颜色、泥岩中大量有机质和黄铁矿晶粒的存在, 以及油页岩的沉积和岩性组合, 又指示水体的强还原性和酸度较大。

本段孢粉组合以较单一的小亨氏栎粉发育为特征,并在东营—垦利以东地区的本段上部见水生植物(莲、浮萍、眼子菜属等)和大量沼泽植物(桉木粉属、水龙骨单缝孢)<sup>[5]</sup>,反映本期气候属温暖适宜、降水丰沛的亚热带以及沙三晚期湖泊收缩、湖盆边部水域变浅及其沼泽化过程,这与本期为最大深湖期及其沉积建造所反映的气候特征相吻合。

本期各凹陷的沉积中心皆迁移至盆地中部,明显受三、四级沉积同生断阶—地槽—地垒系控制。与沙四期比较,地势分异变小,湖泊连通性和开启性变好,全区沉积物皆以巨厚深湖相泥岩、油页岩为特征,碎屑沉积物粒度变细。但本期的湖岸坡度仍较大,地震和地壳振荡运动频繁,因而使近岸半深水扇、远岸深水扇和浊积扇皆具有滑塌性质和复理石特征。沙三早期,在湖侵情况下于盆地边缘发育了退积型河流—三角洲相沉积;沙三中期,除在盆地边缘发育近岸半深水扇外,基本上未见边缘相沉积;沙三晚期,在湖退情况下于盆地边缘发育了进积型河流—三角洲相沉积。无论是退积型还是进积型三角洲,向盆地腹部的深水区皆有与之同期的远岸深水扇、浊积扇分布。

3. 沙二期( $F_2^2-s_3$ ) 本期地壳抬升,湖盆急剧萎缩,与古太平洋联系中断。沙二早期,林樊家—滨县—陈家庄—义和庄凸起与埕宁隆起相连而成古陆,将济阳盆地分隔为南北两部分,中部尚有阳信、滨北孤立小湖存在。其南部为惠民的倒“T”字型湖泊,沉积中心在临南洼陷,并向东与东营湖泊相连通;北为沾化—车镇湖盆,且沾化湖盆退缩至凹陷东部,西部与义和庄凸起相连而成为古陆的一部分。沙二晚期,阳信和滨北孤立小湖盆消失,青城凸起又与林樊家凸起相连,将济阳盆地分隔为西南、东南和北部三部分。而且,西南部的惠民湖盆退缩至临邑附近,东南部的东营湖盆收缩为高青、利津两个彼此不连通的小湖盆,北部的沾化—车镇湖盆进一步缩小(图4)。

沙二早期,在湖盆腹部沉积灰绿、深灰色

泥岩,夹粉—细砂岩、炭质页岩、油页岩和薄层白云岩,富含 *Huabeinia unispinate* 和 *Tulotomoides terrassa* 动物群<sup>[12]</sup>,表明其主体沉积环境属还原性半深湖—浅湖,向边部

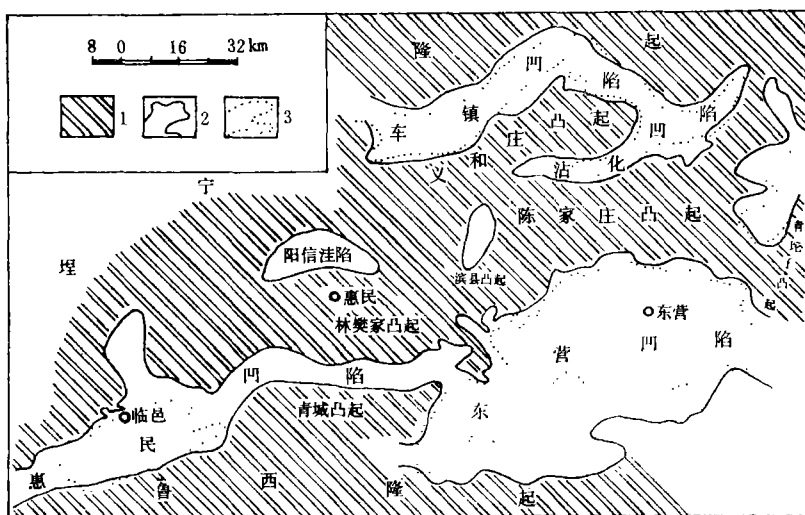


图 4 济阳盆地沙二期古地理图

(据胜利油田王捷, 1985 资料改编)

1. 物源剥蚀区 2, 3. 依次是沙二早、晚期河湖相沉积区及其边界  
Palaeogeographic map of the Shahejie-2 epoch (late Eocene to early Oligocene) of Jiyang Basin

过渡为沼泽、滨湖和广阔的冲积平原。沙二晚期,湖盆腹部为灰绿、紫红色泥岩夹灰白色砂岩和含砾砂岩沉积,东连凹陷夹石膏,富含优势度极高的*Pseudocandona boxingensis*和*Camarocypris elliptica*<sup>[13]</sup>,表明其主体沉积环境为氧化滨湖,个别深洼陷中尚有浅湖残留,向边部过渡为广阔的红色冲积平原。

与下伏和上覆地层相比,本段轮藻植物极为繁盛,并见鲤科鱼类,沉积物中各项地球化学指标又居下第三系最低值。其中,惠民凹陷B含量介于12—115ppm之间,B/Ga值介于0.01—5.4之间,Sr含量介于36—410ppm之间,Sr/Ba值平均为0.89<sup>[9]</sup>;惠民凹陷石灰岩和东营凹陷钙质砂岩的氧、碳同位素 $\delta$ 值分别为98.2和98.15,均 $<120$ <sup>[9,10]</sup>。这些皆表明区内沉积水化学性质属典型的陆相淡水,未受海泛影响。本段下部孢粉组合为小亨氏栎粉-桤木粉属-伸长杉粉-水龙骨科单孢,上部孢粉组合为麻黄-芸香粉属<sup>[5]</sup>,表明沙二早期仍继承了沙三晚期的气候,并随着湖泊的进一步变浅收缩,沼生植被的分布范围逐渐扩大并达到繁盛,而晚期气候转为干热,湖泊急剧变浅萎缩,沼泽消失,旱生植被再次繁盛。沙二段沉积完后,全区地壳抬升,遭受强烈的风化剥蚀,形成区域性平行不整合面。

### (三) 沙一期( $E_{3s}^1$ )湖盆晚期扩张

本期属裂谷晚期扩张裂陷阶段,其横向拉张和垂向深陷幅度较前期减小,盆地基盘均匀沉降,又加上沙二段沉积完后的长期风化剥蚀,地势分异更趋减小,因而使湖泊表现出分布面积最大而深度较前期显著变小的特点,并重新与古太平洋发生间歇性连通,不时地泛入海水而沉积过渡相泥岩和碳酸盐岩。

本期盆地中的各凸起面积显著缩小,各自呈孤岛分布在湖泊中,甚至陈家庄凸起中段也演变为S—N向的湖泊连通水道,而各凹陷中的湖泊却急剧扩张,向两侧山地及盆内各凸起上浸漫,其连通性达到最好(图5)。

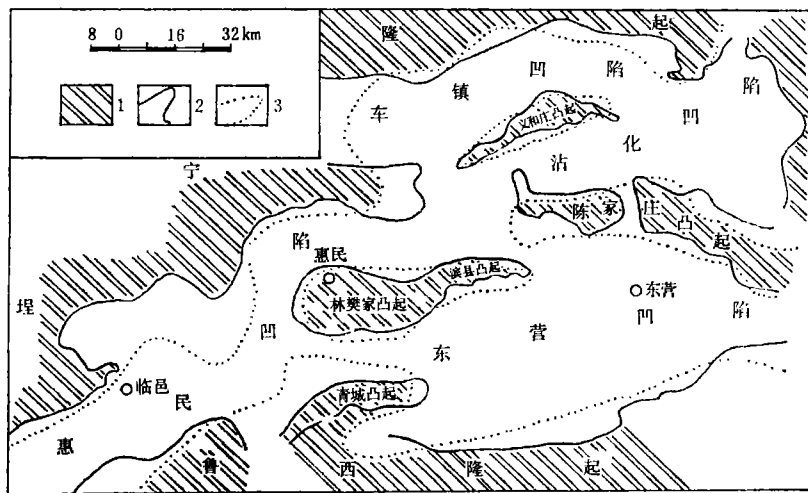


图 5 济阳盆地沙一期和东营期古地理图

(据胜利油田王捷, 1985资料改编)

1. 物源剥蚀区 2, 3. 依次是沙一期、东营期河湖相沉积区及其边界  
palaeogeographic map of the Shahejie-1 and Dongying  
epoch (middle to late Oligocene) of Jiyang Basin

因构造环境稳定、水体温暖清澈和海水的周期性泛入,使碳酸盐岩沉积厚度和面积居下第三系之首。在剖面上,表现为暗色泥岩夹白云岩、灰质白云岩、生物灰岩(如藻、螺灰岩

等)和生物碎屑灰岩;在平面上,表现为断续分布的碳酸盐台地、生物滩、鲕滩和点礁等。富含半咸水生态的*Phacocypris huiminensis*, *Stenothyra paritis*, *Rbombodella*, *Tenua*等,还含半咸水-海相生态的*Chaetetida*, *Codiaceae*, *Stipitalocythere*和鲈形目、鲱形目等<sup>[8]</sup>。惠民凹陷沉积物中的B含量为113—187ppm, B/Ga值平均为12, Sr含量为170—4000ppm, Sr/Ba值平均为9.1<sup>[9]</sup>。惠民和东营凹陷生物灰岩的氧、碳同位素 $\delta$ 值均 $>120$ , 分别为129.65—148.22和129.78—139.61<sup>[10]</sup>。这些资料均表明,本区在沙一期又成为“近海”湖盆,沉积环境属典型过渡相半咸水-咸水的半深湖-浅湖,水体碱度较大。

本段孢粉组合以栎粉含量较高,含一定量槲粉和漆树粉,杉科连续分布和麻黄粉较下伏沙二段上部显著减少为特征<sup>[5]</sup>,指示本期气候为湿热的亚热带,降水较沙二晚期大大增加。

#### (四) 东营期( $E_d$ )湖盆收缩干涸

本期属裂谷衰亡阶段,其扩张裂陷作用逐渐减弱并最终停止,从而导致湖盆不断收缩到干涸消亡。当时,惠民湖盆较沙一期大为缩小,陈家庄凸起又呈E—W向横亘于东营-沾化湖盆之间而使其连通受阻,盆地基盘重又抬升至海平面以上而彻底结束了与古太平洋海水的联系(见图5)。在惠民凹陷沉积了杂色泥质粉砂岩和灰岩、白云岩,东营凹陷沉积了灰绿、棕红色泥岩与粉-细砂岩互层,沾化-车镇凹陷沉积了灰绿色泥岩夹粉砂岩、泥灰岩和油页岩,并富含陆相半咸水生态的*Dongyingia*和*Chinocythere*,以及淡水生态的*Viviparus xinglongtaiensis*和鲤科鱼类、轮藻等。惠民凹陷沉积物中的B含量为65—109ppm, B/Ga值平均为3.7, Sr含量为70—460ppm, Sr/Ba值平均为2.44<sup>[9]</sup>。惠民、东营两凹陷的灰岩氧、碳同位素 $\delta$ 值均 $<120$ ,分别为112.5和79.74<sup>[9,10]</sup>。这些证据表明,本期的主体沉积环境为半咸水-淡水的浅湖,惠民凹陷为氧化性浅湖,沾化-车镇凹陷为还原性浅湖,东营凹陷介于两者之间,向边部过渡为滨湖和广阔缓坦的冲积平原。

与下伏沙一段相比,本组下、中部孢粉组合以栎粉明显减少、波形榆粉达到极盛和云杉粉常见为特征,其上部则以胡桃粉和椴粉含量又有增高为特征,并在局部地区的不同层位上均见水龙骨单缝孢和桤木粉等<sup>[5]</sup>,指示本期气候仍属暖湿的亚热带,并有向暖温带转化的趋势。而且,伴随着湖泊的收缩,局部地区曾有沼泽发育。

东营组沉积完后,本区地壳抬升至侵蚀基准面以上,原来的内流系统转向而汇入外流系统。湖盆干涸消亡,并遭受强烈的风化剥蚀,中断沉积历时1000万年之久,将本组顶部地层剥蚀殆尽,形成华北地区广泛分布的准平原面的一部分,从而宣告了早第三纪济阳裂谷湖盆演化历史的结束。



## 参 考 文 献

- (1) 张宝民等. 中、新生代板块运动与中国东部大陆边缘裂谷系的形成演化. 见: 赵济等主编, 区域·环境·自然灾害地理研究. 北京: 科学出版社, 1990. 141—149.
- (2) 李继亮等. 试论渤海的形成与演化. 见: 中国科学院地质研究所、国家地震局地质研究所. 华北断块区的形成与发展. 北京: 科学出版社, 1980, 206—220.
- (3) 张宝民. 第三纪济阳盆地大地构造性质及其演变. 北京师范大学学报(自然科学版), 1992, (1): 90—96.
- (4) 任森厚等. 中国中、新生代古地理条件与大油气区的形成与分布. 同(1), 132—140.
- (5) 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院、中国科学院南京地质古生物研究所编著. 渤海沿岸地区早第三纪孢粉. 北京: 科学出版社, 1978, 5—30.
- (6) Vail P. R. et al., Seismic stratigraphy and global changes of sea level, A. A. P. G., Memoir, 1977, (26): 49—212.
- (7) 袁见齐等. 高山深盆的成盐环境——一种新的成盐模式的剖析. 地质论评, 1983, (2): 159—165.
- (8) 戈亚生. 济阳坳陷早第三纪的两次海侵及其后的地质演化. 山东地质, 1985, (2): 40—51.
- (9) 肖宗峰等. 应用微量元素分析重建临邑湖盆古盐度和古环境. 同(1), 150—156.
- (10) 黄家宽等. 第三纪惠民盆地的沉积特征. 岩石学报, 1985, (2): 28—40.
- (11) 钱凯等. 华东北部下第三系礁灰岩的发现及其石油地质意义. 科学通报, 1980, (24): 110—1142.
- (12) 毛秀兰. 东营凹陷北部沙河街组二段腹足类的生活环境. 石油学报, 1983, (1): 29—35.
- (13) 戈亚生. 济阳坳陷的化石韵律性与沉积环境的关系. 石油勘探与开发, 1980, (6): 1—8.

## ON THE FORMATION AND EVOLUTION OF THE JIYANG LAKE-BASIN DURING EARLY TERTIARY

Zhang Baomin   Ren Senhou   Xiao Zongfeng

(Department of Geography, Beijing Normal University)

**Subject terms:** Early Tertiary, Jiyang rift lake-basin formation, evolution, periodical ingression

### Abstract

Tectonism and climatic condition are the most principal factors controlling the formation and evolution of the lake-basin. It is because of their combined action that a great variety of lakes and their sedimentary constructions in ancient and modern, Chinese and foreign are brought about.

In this paper, the varieties of paleogeographies at different stages during early Tertiary in the Jiyang lake-basin are reconstructed, mainly based on paleotectonics, paleotopography, the lower Tertiary deposits, paleontology, paleoecology and the results of minor elements and isotope analysis, also with the aids of spore-pollen data from other researches.

In the early Tertiary, NW-SE trending regional tensile stress field and a series of mantle bulges such as Bohai Gulf mantle bulge with triple junction consisting of lower Laohe, Huanghua and Jiyang was formed in Eastern China, because the Pacific plate was subducted northwestwards and the Eastern Asian continental plate margin crept oceanwards. For this reason, the research district became the southern branch of the Bohai Gulf continental rift basin, in which the evolution had mainly gone through four stages including spreading and faulting-down from initial (Kongdian Epoch of early Eocene) to intense (from Shahejie-4 Epoch of middle Eocene to Shahejie-2 Epoch of early Oligocene) then to later stage (Shahejie-1 Epoch of middle Oligocene, and disappearing (Dongying Epoch of late Oligocene).

Under the above-mentioned geotectonic background and dry alternating with humid climatic conditions of subtropical zone, the giant Jiyang rift lake-basin clipped between Luxi and Chengning mountains was created, in which its development had also undergone four stages including initial occurring in Kongdian Epoch, reaching maturity from Shahejie-4 to Shahejie-2 Epoch, expanding in the late time during Shahejie-1 Epoch and shrinking and drying up at last in Dongying Epoch, which constituted a complete cycle of advance and retreat of lake that consists of three subcycles. In the course of the evolution of rift lake-basin, the ground altitude and relief of the district were gradually getting lower and less, the double-drainages system was from forming to developing to extinction, and the palaeo-Pacific Ocean water was periodically ingression to Jiyang lake-basin along the watercourse in Shahejie 1, Shahejie-3 and Shahejie-1 Epoch, which made the district a palaeo geographic landscape of the on shore lake-basin.