

济阳拗陷早第三纪的两次海侵 及其后的地质演化*

戈亚生

(山东大学)

前言

济阳拗陷位于山东省北部，方圆25000平方公里。拗陷内划分惠民、东营、车镇和沾化四个次一级凹陷(图1)。下第三系为上千米厚的砂、泥岩和碳酸盐岩沉积。现被划分为沙

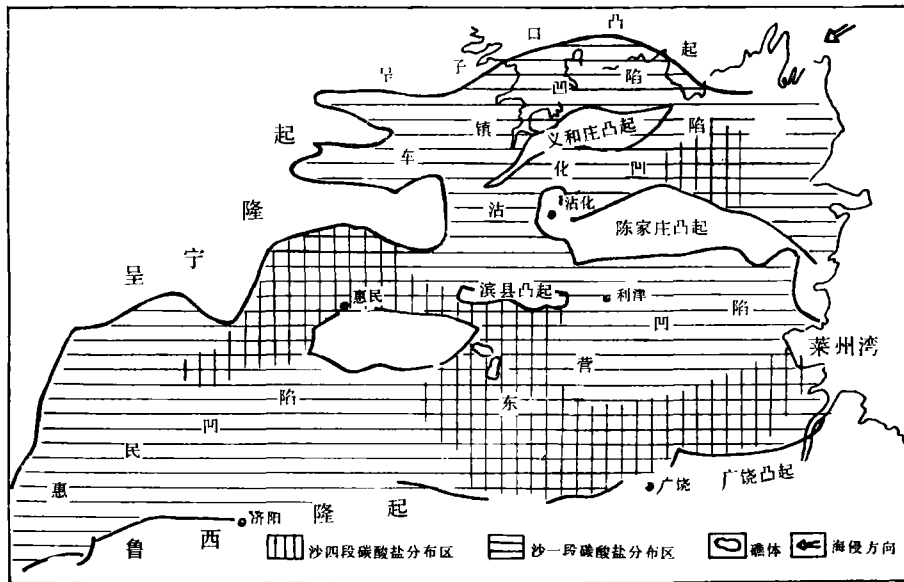


图1 济阳拗陷碳酸盐岩石和礁体分布图

河街组和东营组(表1)。前者分四段，自上而下称沙河街组一段、二段、三段和四段，段下再分上、中、下。后者又分三段，称东营组一段、二段和三段。过去依据介形类、腹足类、轮藻和孢子花粉等化石资料，认为此区下第三系地层全系陆相沉积。近几年来，在此区

*本文所涉及的资料是作者于1964—1982年在此区工作期间积累和收集的。

先后发现了有孔虫、鱼类的鲱形目Clupeiformes和鲈形目Perciformes、多毛类的山东龙介虫*Serpula shandongensis*和济阳弯管虫*Gitonia jiyangensis*、德弗兰藻*Deflandrea*和中国枝管藻*Cladosiphonia sinensis*等化石,经何炎、张弥曼、陈木、宋之琛和朱浩然等论定为海相或与海有关的化石〔1、2、3、4、5〕。除此之外,还发现了属正常海的刺毛类Chaetetida、群体珊瑚Anthozoa及海松藻科Codiaceae。这些发现打破了过去认为此区下第三系的单一陆相沉积说。

一、海侵证据

古生物是识别海、陆相的重要标志。除此之外,还可以借助岩石学、矿物学和地球化学等作为辅助标志。本文在论证海侵的证据时,将着重上述诸方面资料(表1)的综合分析。

本文说的海侵发生在济阳拗陷始新统和渐新统沙河街组四段中、上部和一段下、中部沉积期。

(一) 沙河街组四段中、上部沉积期

1. 古生物

早期,济阳拗陷为一具有零星水池的大陆,在不同的地区生活着不同环境的生物。如东营凹陷的一些地方生活着半咸水滨县椎实螺*Lymnaea binxianensis*〔6〕,在其西部惠民凹陷的有些地区生活着陆生的火红美星介*Cyprinotus igneus*。与此同时,位于东营凹陷北部的沾化凹陷却已被海水侵入,生活着被海水带进的*Deflandrea*。

中期,海水继续地漫进,占据的面积越来越大,使零星的水池连成一体,成为当时的济阳泻湖。由于气候转向较为潮湿,降雨量增多,可能也促进了济阳泻湖的形成,而淡水的加入(降雨及河流注入)则改变了水体性质,使其淡化,成为淡化的泻湖环境。此时随海水带进的海生生物和与海有关的生物较之早期增多,增加了Anthozoa(图版I,图3)、小花虫*Florilus*、三球虫*Triloculina*和圆盘虫*Discorbis*(?)、诺宁虫*Nonion*〔1〕、*Gitonia jiyangensis*、造礁的*Serpula shandongensis*和*Cladosiphonia sinensis*(图版I,图8、9),以及双棱鲱*Diplomystus*、艾氏鱼*Knightia*〔2〕。这些生物进入济阳泻湖后,有的因自身要求严格的生活条件,不适应突然改变的生活环境而死亡,例如珊瑚,尚未繁殖就死亡了,因此,九个个体合起来的面积只有2.71毫米×2.5毫米。有的适应能力较强,在泻湖环境中活过来了,不过,改变了壳形以适应生存,有孔虫就是一例,它们的壳体较常见的为小,壳也发生畸形变异〔7〕。有的生活得很好,不断地繁衍其后代,如*Serpula shandongensis*和*Cladosiphonia sinensis*,它们在东营凹陷内寻找到适合固着的水下隆起区,幼虫和幼体就固着其上,边生长边分泌钙质,形成栖管和藻体骨架,构成块状礁体。

晚期,因地壳基底颤动,济阳拗陷略微上升,局部地区上升较多,甚至遭受风化剥蚀。这一向上的颤动阻挡了海水漫进,使济阳拗陷从此以后的相当长一段时期内不再得到海水的供给。此时气候变得更加潮湿,淡水替代海水补充到拗陷中来,使泻湖进一步变淡成半咸水湖。原有的多毛类*Serpula shandongensis*、有孔虫,藻类*Cladosiphonia sinensis*和*Deflandrea*死亡,新出现半咸水生物华北介*Huabeinia*和渤海藻*Bohaidina*。

早期*Deflandrea*的生态在文献中〔4〕已有介绍,此处不再赘述。

中期的珊瑚和有孔虫是目前世上公认的海生生物,而它们出现在原是陆相的济阳拗陷里,只能被解释为由海水带进来的。它们是以何种方式进入济阳拗陷内呢?一种假设认为:它们是随海水涨潮倒灌进入河流并注入济阳拗陷之内的。类似的现象在我国长江、钱塘江及其它沿海河流每年都有发生,可从未见过有关活体有孔虫在这些地区发生壳体畸形变异的报导。也从未见到关于沿海河流附近湖泊存在多毛类礁体和藻礁的报导,更没见关于这些湖泊里存在群体珊瑚的报导。因此,上述假设成立的可能性很小。作者认为这些海生生物是随海水漫进一同进入济阳拗陷的,是海侵的结果。我们可以从济阳拗陷有孔虫壳体畸形变异及*Serpula shandongensis*和*Cladosiphonia sinensis*的块状礁体中得到答案。有孔虫最初被海水带进济阳拗陷时形态可能是正常的。后来,因在济阳泻湖中生活,有孔虫要适应新的环境。这个新环境是海水和原来陆地水池的水,加上降雨量的混合液体。这种液体可能对有孔虫的生活习性和性状产生一定影响,壳体畸形变异似乎是这种影响的一种表现。水质改变引起有孔虫的变异,变异遗传给后代是需要经历一段过程的。在这期间,海侵形成的泻湖环境对侵入拗陷内有孔虫的最初生存是极为重要的。因为,这时的泻湖含有较多的海水成分,有利于有孔虫对新环境的适应,泻湖又具有一定的水域,成为相对稳定的环境,可以使有孔虫的变异得到保留并遗传给后代。

潮间带的造礁生物*Serpula shandongensis*和*Cladosiphonia sinensis*在济阳泻湖里形成具有一定厚度的礁体,同样是需要一段时间和经历一个过程。潮间带生物多为广适应性的,它们在泻湖环境里无须大改变就能适应。造礁生物的生长需要两个条件:一是固着场所,二是稳定的环境。济阳泻湖具备了这些条件,既有水下隆起区供造礁生物固着,又有相对稳定的泻湖水体,有利造礁生物生长发育而形成礁体。此区有一定厚度的*Serpula shandongensis*和*Cladosiphonia sinensis*礁块,说明是原地生长的。

因此,海侵形成的泻湖环境是这些海生或与海有关生物生活的有利场所,而海侵才是使这些海生或与海有关生物出现在陆相环境的真正因素。所以,本文依据有孔虫、珊瑚、多毛类*Serpula shandongensis*和藻类*Cladosiphonia sinensis*等化石提出沙河街组四段中、上部的沉积时期为海侵期的看法。

济阳泻湖的生物群落,除上述海生或与海有关生物外,还有适应性较广的柳桥水螺*Hydrobia liuqiaoensis*和一些淡水腹足类、轮藻和淡水盘星藻*Pediastrum*、陆生介形类等。对于这样的生物群落,人们的解释发生分歧。有人依据这些资料否认海侵的存在,但作者很幸运采到了一个有意义的标本:一个陆生腹足类的体螺环里长着海生的*Cladosiphonia sinensis*(图版I,图4)。这块标本告诉我们:先有螺、后有藻,海藻是在螺死后以螺壳作为固着场所附着其上生长的。我们既已承认螺是原地生的,那么海藻的出现则表明海侵

发生在淡水螺死后。还有一块标本经磨片发现, 有孔虫与轮藻同在, 这种轮藻若是原生的, 那就是生长在半咸水环境中的种; 若是淡水种, 那就是异地埋藏被搬运来的。轮藻被搬运到海里沉积的例子曾见于滇东的海相泥盆系中, 但有孔虫到淡水轮藻群中生活的实例尚无。因此, 不能以淡水腹足类和轮藻的存在来否认海侵的存在。有一种现象, 在拗陷边缘的一些地质剖面中, 人们可以见到淡水 *Pediastrum* 与海生 *Deflandrea* 交替出现。这反映济阳泻湖的湖水有过波动。当湖水退缩后, 露出的湖岸边就生长了 *Pediastrum*; 当湖水上涨时, 露出的地方又被湖水淹没, *Deflandrea* 就又随湖水迁移过来生活。泻湖湖水受海水供给、季节变化和降雨量多少的调控, 时涨时落, 这是正常现象。因此, *Pediastrum* 与 *Deflandrea* 交替出现在泻湖的边缘相沉积中也属一种正常现象。沙河街组四段上部的标志性化石光滑南星介 *Austrocypris levis* 是个地方性种。它的壳形特点——后腹部向后上方翘起, 近似某些海相种。其个体有的充填在 *Serpula shandongensis* 栖管里, 有的成为构成栖管壁的成分。作者认为 *Austrocypris levis* 是与海有关的生物。与 *Austrocypris levis* 一起的是通常认为的陆生的玻璃介 *Candona*, 但 *Candona* 具有一定的数量和分布面, 二者之间呈何关系目前尚难定论, 需要进一步的工作。综上所述, 那时, 尽管济阳泻湖内的生物群落有陆生、半咸水的、海生或与海有关的生物, 可是群体生物中的主体似应是海生生物。因为陆生或半咸水生物随河水进入海洋是常有的事, 而多种海生生物进入陆相环境并发生变异, 则是少有的。多种环境生物混杂在一起的生物群落可能就是泻湖环境生物群落的特征。

沙河街组四段中, 上部海生生物的分布不限于济阳拗陷。在与济阳拗陷隔海相望的辽河拗陷里找到了海生笔帽虫 *Pectinaria* (图版 I, 图 5) 和海胆纲楯海胆 *Clypeaster* (图版 I, 图 7)。济阳拗陷北部的冀中拗陷里, 也找到了海生菜氏藻 *Lejeunia* (4) 和有孔虫。冀中拗陷的有孔虫据崔占堂研究, 认为是属受海水波及的半咸水过渡相动物群。最近, 在济阳拗陷西南部毗邻的临清拗陷里, 发现了钙质超微化石, 经郝治纯和李蕙生研究, 认为“钙质超微化石的发现进一步说明, 在沙河街组第一及第四段沉积的过程中, 渤海沿岸较多的地区经受了多次短暂的海侵” (8)。目前, 根据海生生物沿渤海西岸分布和沾化凹陷首先受到海侵, 推测济阳拗陷的海侵方向可能来自拗陷的东北方 (图 1), 但也不排除海水从其它方向侵入的可能性。这个问题还需进一步工作。

综上所述可以推断, 沙河街组沉积前, 沂沭断裂带发生活动, 这次活动使鲁东隆起上升, 使济阳拗陷下沉。地壳活动把海水推进济阳拗陷, 形成济阳泻湖。这一构造活动似是引起海侵的动力。

2. 岩石矿物

沙河街组四段中, 上部含有石膏和岩盐等岩石, 并含海绿石和杂卤石等自生矿物, 其中后二者是与海水有关的矿物。这四种与咸水成分有关的岩石和矿物出现在同一段地层中, 可以说是海侵的结果。

另外, 本层粘土矿物以伊利石为主, 含量高达 90—100%。将伊利石和前四种岩石矿物, 及海生或与海有关生物结合在一起考虑, 就象“德国法兰克福下侏罗统, ……含海相微体化石的地层中总以伊利石为主” (9) 一样。此区的伊利石似可以用来指示海侵环境。

表2 微量元素含量与岩性、生物、沉积相关关系表

| 井名及地名 | 井深 (米) | 层位 | 样品性质 | 微量元素 锶(ppm) | 岩性 | 性及古生物 | 沉积相 |
|-----------|-----------|------------------------|------|----------------|-----------|-------|-----|
| 2-下2-观18井 | 1820 | 沙一段E _{s1} | 岩心 | 830 | 藻云岩 | 海生藻类 | 泻湖 |
| Y8-4井 | 1814.7 | " | " | 870 | 含泥质黄色岩 | 海生藻类 | |
| " | 1815.95 | " | " | 800 | 藻云岩 | 海生藻类 | |
| B180井 | 1650 | 沙四段上部E _{s4} 上 | " | 1500 | 藻云岩 | 海生藻类 | |
| W18井 | | " | " | 800 | 深灰色泥岩 | 海生藻类 | |
| D5井 | 3187.4 | 沙四段 | " | 860 | 灰色含膏泥岩 | | |
| 四川广元县上寺 | | 二迭系 | | 800 | 深灰色结晶生物灰岩 | | 海相 |
| " | | P ₂ | | 850 | 黑色硅质灰岩 | | |
| 现代动物 | | 现代 | 贝壳 | 770 | 海生腹足类 | 红螺 | 现代海 |
| " | | | " | 910 | " | 鲍鱼 | |
| " | | | " | 790 | 海生瓣鳃类 | 扇贝 | |
| | | | | 1090 | " | " | |
| B16井 | 1424.73 | 沙三段上部 | 岩心 | 660 | 灰色泥岩 | 中国华北介 | 半咸水 |
| " | 1431.78 | " | " | 580 | 深灰色泥岩 | 中国华北介 | |
| " | 1435.44 | " | " | 740 | " | 中国华北介 | |
| 3-5-11井 | 1843.2 | 沙二段上部E _{s2} 上 | 岩心 | 190 | 白色泥岩 | 灰质泥岩 | 淡水 |
| " | 1867.5 | " | " | 340 | 灰色泥岩 | 灰质泥岩 | |
| " | 1841.9 | " | " | 260 | 紫色泥岩 | 炭质泥岩 | |
| " | 1956 | " | " | 260 | 灰绿色泥岩 | 灰绿色泥岩 | |
| " | 1966 | " | " | 260 | 黄色粉砂泥 | 黑色粉砂泥 | |
| 山东张店 | | 新生界 | 露头 | 330 | 灰质泥岩 | 灰质泥岩 | |
| 黄2 | | | 地面砂样 | 150 | 红色粉砂泥 | 红色粉砂泥 | |
| 黄10 | | | " | 140 | 黑色粉砂泥 | 黑色粉砂泥 | |

3. 地球化学

(1) 微量元素锶 根据对现代海生动物贝壳、海、陆相动植物化石以及现代沉积物等样品的分析,可以归纳出各种环境含元素锶的数值变化范围(表2)。在海洋环境或海水滞留一段时间的泻湖环境中,含锶量 $\geq 800\text{ppm}$;淡水环境锶含量 $\leq 400\text{ppm}$;半咸水环境锶含量 $400\text{--}800\text{ppm}$ 。沙河街组四段上部地层中,不管是含*Deflandrea*的泥岩,还是含*Cladosiphonia sinensis*的礁灰岩,元素锶含量都在 $\geq 800\text{ppm}$ 数值范围内。更有趣的,就是前面谈到的海生藻固着在淡水螺体螺环内的那块标本,经分析,元素锶含量为 1860ppm ,大于 800ppm 。元素锶和海生藻的结论是一致的,都表明海侵的存在。

(2) 同位素 C^{13} 一般认为“海相灰岩中同位素 C^{13} 值大致范围从+4‰到-4‰”〔9〕。此区沙河街组四段上部的碳酸盐 C^{13} 值为+2.8‰到-1.9‰,落在公认的海相范围内。因此,同位素 C^{13} 也提供了海侵证据。

另外本层有三个采自不同钻孔不同井深的样品,将其分别做同位素 C^{13} 和元素锶的分析,结果(表3)表明每个样品的同位素 C^{13} 和元素锶含量都在海相数值范围内,这两种资料不约而同地说明了海侵的存在。

(3) 正烷烃主峰碳 它代表着原始有机质中脂类化合物的性质。“从海相有机质转化

表3 同一样品同位素 C^{13} 和元素锶的分析值

| 样品号 | 项目 | 同位素 C^{13} ‰ | 元素锶 ppm |
|------|-------------------|-----------------------|---------|
| B226 | 1 $\frac{22}{30}$ | -1.1 | 1880 |
| B214 | 5 $\frac{7}{9}$ | 1.2 | 1350 |
| B16 | | 2.3 | 2350 |

而来的石油,其正烷烃的碳数范围在 C_{20} 以下,小于 C_{20} 的正烷烃占优势;而陆相有机质转化来的石油,其正烷烃的碳数较高,以 C_{24} 到 C_{32} 的正烷烃占优势”〔9〕。此区沙河街组四段上部的主峰碳是 C_{20} 或 C_{21} 。据洪志华提供的资料,此区有少数生油岩的正烷烃与典型海相生油岩(例如美国下中新统页岩)的主峰碳 C_{20} 相似。正烷烃主峰碳也表明此区有类似海相有机质。

(4) 地下水总矿化度 沙河街组四段上部地下水总矿化度很高,达到69‰,大大超过正常海水的35‰,这可能是沉积物中的海水被后期成岩作用浓缩的结果。地下水总矿化度从沙河街组四段至二段数值逐渐递减,说明本层矿化度的高含量是海侵的结果。

(二) 沙河街组一段下、中部沉积期

自沙河街组三段末期以来,此区一直以上升活动为主,边上升边接受沉积。至沙二段末

期,原来的湖已被淤塞成平原,结束了沙河街组四段中部至二段的一套连续湖相沉积〔10〕。沙河街组一段下、中部的海侵就发生在此景观上。

1. 古生物

沙河街组一段下、中部的化石有海生生物刺毛类Chaetetida(图版I,图6)和造礁藻类海松藻科Codiaceae(图版I,图1、2);与海有关生物鲎形目、鲈形目、柄花介Stipitalocythere;半咸水生物均匀狭口螺Stenothyra paritis〔6〕、薄球藻Tenua和菱球藻Rbombodella〔4〕。海松藻科在此区构成礁体,即胜利油田通称的“针孔状灰岩”标志层,礁体薄,呈分散状分布于整个拗陷内。鲈形目曾出现在沙河街组四段上部沉积时期的泻湖里,到沙河街组三段中部环境变化就消失了。在沙河街组一段再次出现,说明这类咸水鱼的出没是与环境有关。当与海水有联系或泻湖再现时,这类鱼就出现;待水质变淡,它们又消失。这些鱼是随着海水侵入陆地再次出现在济阳拗陷内的。Stipitalocythere也是随海水进入拗陷内的。其外形与尾花介Cytherura相似,壳体小,都有一个尾柄。Stipitalocythere可能象Cytherura一样,要求严格的生活条件。因此,当Stipitalocythere进入泻湖,因适应不了新环境而很快死亡。值得提出的是Stipitalocythere在此区数量少,通常一口钻孔里只发现一个壳体;但分布很广,在拗陷内从南到北,从东到西皆有。这种现象似表明Stipitalocythere不是原地生的,而是由海水带进到拗陷内各个角落的。沙一段的标志化石惠民小豆介Phacocypris huiminensis大量地保存在碳酸盐里,海生的海松藻科化石也保存在某些碳酸盐里,这反映Phacocypris huiminensis也可能与海水有某种联系。

沙河街组一段下、中部的生物群落与沙河街组四段中、上部的泻湖生物群落相似,都是由海生生物、与海有关生物和半咸水生物等组成的混杂型生物群落,说明沙河街组一段下、中部的环境也是一种泻湖。不过,由于地质时代的推演,群落中的具体成员完全改变。因此,可以说沙河街组一段下、中部沉积期是又一次海侵。

2. 岩石矿物

在沙河街组一段下部沉积期间,大面积沉积了咸水环境的白云岩,白云岩直接覆盖在沙河街组二段淡水泥岩上,两种环境绝然不同的岩石直接相接,说明环境有一个突变,海侵就是引起突变的原因。

另外,粘土矿物伊利石的含量随地质时代的推演逐渐减少,从沙河街组四段的90—100%至二段已降到不足20%。然而到一段又突然增加到40%。伊利石与古生物的再次配合出现,表明海侵泻湖环境的又一次到来。

3. 微量元素锶

进入沙河街组一段沉积期元素锶的含量突然又增高,从<400ppm猛增至>800ppm(表1),显示海侵的再次到来,也反映海侵期沉积覆于淡水沉积之上。

沙河街组一段的海侵不只限于济阳拗陷。辽河拗陷也遭受到海侵,其中曾发现海生的海松藻科和颗石藻Coccolith〔11〕。在冀中拗陷,据崔占堂同志研究,又发现半咸水过渡相有孔虫动物群。由此可知,沙河街组一段与四段遭受海侵的地区都在渤海西岸,故海侵也可

能从拗陷东北方向侵入。

综上所述，济阳拗陷的海相或与海有关化石资料，白云岩、岩盐、石膏、海绿石、杂卤石、伊利石的矿物学资料，以及微量元素锶、同位素 C^{13} 、正烷烃主峰碳、地下水总矿化度等资料，都显示沙河街组四段中、上部和一段下、中部的沉积环境是受海侵影响的泻湖环境。同一块含海相化石的标本经微量元素锶或同位素 C^{13} 分析后，其含量都在海相数值区间内，它们之间能相互验证，互为补充，结论吻合。

二、两次海侵的比较

济阳拗陷的两次海侵特点各不相同。以每次海侵都形成碳酸盐为例，其差异表现（表4）为：沙河街组四段中、上部沉积期的海侵分布范围窄（图1），海侵保留时间稍长，海生生物或与海有关生物种类较多，水质较咸，海侵后的泻湖环境较深而稳定，生成了丰富的油气。沙河街组一段下、中部沉积期的海侵，分布广（图1），保留时间短，海生生物种类少，水质较淡，海侵后的泻湖环境浅而波动，生成的油气不及沙河街组四段的多。

表4 沙河街组四段上部和一段下、中部碳酸盐特征表

| 项目 \ 层位 | 四 段 上 部 | 一段下、中部 |
|---------|--|------------------------------------|
| 构 造 | 鸟眼构造、迭锥。 | 无。 |
| 结 构 | 粪粒，鲕粒很少。 | 鲕粒发育，最多可达90%。 |
| 化 石 | 海相或与海有关化石种类多，多毛类、有孔虫、珊瑚、鱼类和藻类。介形类和腹足类属种单调。 | 海相或与海有关化石种类少，刺毛类、鱼类和藻类。介形类和腹足类属种多。 |
| 盐 度 | 69%，咸些。 | 30—24.4%，淡些。 |
| 厚 度 | 厚，单层最大厚度49.2米。 | 薄，单层最大厚度12米。 |
| 分 布 | 整个东营凹陷和沾化凹陷，及惠民凹陷东北部。 | 整个车镇凹陷、沾化凹陷、东营凹陷和惠民凹陷皆有，分布广。 |
| 与泥岩接触关系 | | 突变式，或碳酸盐呈脉状镶嵌在泥岩中。 |
| 原油产量 | 日产千吨 | 日产数百吨。 |

三、海侵后的地质演变

济阳拗陷两次海侵所形成的泻湖有一个相似的演化方向，即朝着半咸水湖至淡水湖演变。试以沙河街组四段中、上部沉积期的海侵为例解释如下。

沙河街组四段末期海侵终止, 由于气候潮湿, 降雨量增多, 雨水和河水替代了海水不断注入, 使湖水逐渐变淡, 最后成为淡水湖。其演化模式为泻湖→半咸水湖→淡水湖。表1中的各项资料都能说明这点。

首先, 我们来剖析介形类的演变情况: 在沙河街组四段上部的沉积时期, 生长了与海有关的生物 *Austrocypris levis*。当沙河街组四段末期, 水质变淡, 泻湖变成半咸水湖时, 原来生活于泻湖中的 *Austrocypris levis* 趋于消亡, 代之以半咸水生物 *Huabeinia* 的兴起。进入沙河街组三段沉积期, 是 *Huabeinia* 的极盛时期。到沙河街组二段沉积时期, 是拱星介 *Camarocypris* 的极盛时期, 原来的 *Huabeinia* 由于水质进一步的变淡而大面积死亡, 只剩下极小部分地区还有残存。不过, 此时的 *Huabeinia* 壳壁厚度较之沙河街组三段半咸水域的薄多了, 壳面装饰蜂窝相应地浅多了, 这就是 *Huabeinia* 随环境变化所发生的变异。沙河街组二段上部沉积期的 *Camarocypris* 与金星介 *Cypris* 共生, 后者是国内外常见的淡水属, 因此, 沙河街组二段上部的 *Camarocypris* 也反映淡水环境。根据上述, 介形类从沙河街组四段上部至二段的变化大致如下: *Austrocypris levis* (泻湖) → *Huabeinia* (半咸水湖) → *Camarocypris* (淡水湖)。

其次, 该区的腹足类、鱼类、藻类都表现了相似的演变。腹足类: 沙河街组四段上部的 *Hydrobia liuqiaoensis* (泻湖) → 二段的似瘤田螺 *Tulotomoides* (淡水湖)〔⁶〕。鱼类: 四段上部的 *Knightia*、*Diplomystus* (与海有关) → 二段的鲤科 *Cyprinidae* (淡水湖)〔²〕。藻类: 四段的 *Deflandrea* (泻湖) → 三段的 *Bohaidina*、副渤海藻 *Parabohaidina* (半咸水湖) → 二段的毛球藻 *Comasphaeridium*、褶皱藻 *Camperia* (淡水湖)〔⁴〕。

恰巧于早第三纪, 介形类、腹足类、鱼类和藻类等化石在济阳拗陷内的演变趋势一致, 都是从沙河街组四段中、上部的泻湖或与海有关环境, 经沙河街组三段的半咸水湖环境, 最后到沙河街组二段的淡水湖环境, 反映了济阳泻湖结束以后各个阶段的地质演化。

不仅如此, 岩石中微量元素锶含量和地下水总矿化度也显示了逐渐递减的变化。元素锶从沙河街组四段上部 $\geq 800\text{ppm}$, 减低到沙河街组二段 $\leq 400\text{ppm}$ 。地下水总矿化度从沙河街组四段上部的69%降低到沙河街组二段的18.1%。

综上所述, 这些资料共同反映了一个事实, 即济阳拗陷的沙河街组四段中、上部湖水是咸水, 三段的湖水是半咸水, 二段的湖水是淡水。简言之, 济阳拗陷沙河街组四段中部至二段的沉积构成了由泻湖沉积经半咸水湖沉积到淡水湖的湖相沉积转化系列。这就是济阳拗陷海侵后地质演变的缩影。

济阳拗陷沙河街组一段至东营组的地质演变与沙河街组四段中部至二段的类似, 构成了另一个湖相沉积转化系列: 刺毛类、鲈形目、鲱形目、*Stipitalocythere*、海松藻科(泻湖) → *Sterothyra paritiss*、东营介 *Dongyingia* 和 *Tenua* (半咸水湖) → 兴隆台田螺 *Viviparus xinglongtaiensis*、鲤科和 *Comasphaeridium* (淡水湖)。

两次海侵就构成了两套湖相沉积转化系列。

四、海侵的地质意义

济阳拗陷的海侵给此区提供了丰富的石油。海侵形成的泻湖和泻湖转化后的半咸水湖都是石油生成的有利环境,而海生造礁生物形成的礁体,又是很好的储集层,此区沙河街组四段上部发现的日产原油千吨井就产于这种礁体里。另外,海侵又可作为预测含油远景的理论指导,斯坦普(Stamp)和雷因沃特(Rainwarter)在分别研究了缅甸第三纪油藏和墨西哥湾盆地的第三系油气藏后提出:油气聚集在海相和陆相沉积间的过渡带^[12]。济阳拗陷与其东北方的正常海之间正是一个过渡带,是油气聚集区,值得我们重视。

海侵的另一个意义是为地层的重新划分和大区域地层对比提供了可靠依据。

五、结 论

1. 济阳拗陷的古生物、岩石矿物和地球化学等资料,都证实此区发生过两次海侵。第一次发生在下第三系始新统沙河街组四段中、上部沉积时期,第二次发生在下第三系渐新统沙河街组一段下、中部沉积时期。海水从拗陷东北方侵入。

2. 每次海侵之后,使此区朝半咸水湖至淡水湖转化,构成由泻湖沉积经半咸水湖沉积到淡水湖沉积的湖相沉积转化系列。

3. 海侵后的环境有利于石油的产生和储集,沙河街组四段上部的海侵沉积成为原油高产层。在济阳拗陷与拗陷东北方的正常海之间,是海、陆过渡带,也是油气聚集区,值得我们重视。

本文的部分古生物是请郝诒纯、葛治洲(珊瑚)、杨敬之(刺毛类)、吴宝铃(笔帽虫、楯海胆)、穆西南(海松藻科)等同志鉴定。本文的图版照片承胜利油田地质科学研究院杨臣琼和刘宝远同志拍摄。本文所用的岩石矿物和地球化学资料皆为胜利油田地质科学研究院地质化验室分析。作者在此一并衷心致谢。

参 考 文 献

- [1] 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,1978,渤海沿岸地区新生代有孔虫。科学出版社。
- [2] 张弥曼等,1978,我国东部中、新生代含油地层中的鱼化石及有关沉积环境的讨论。古脊椎动物与古人类,16卷4期,231—236页。
- [3] 陈木等,1979,山东济阳凹陷下第三系多毛类虫管的发现。海洋学报,1卷2期,338—340页。
- [4] 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,1978,渤海沿岸地区早第三纪沟鞭藻类和疑源类。科学出版社。
- [5] 朱浩然,1979,山东滨县下第三系沙河街组的藻类化石。古生物学报,18卷4期,

- 333—339页。
- 〔6〕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,1978,渤海沿岸地区早第三纪腹足类。科学出版社。
- 〔7〕汪品先等,1975,我国东部新生代几个盆地半咸水有孔虫化石群的发现及其意义。地层古生物论文集,第二辑,22—24页。
- 〔8〕郝治纯、李蕙生,1984,渤海沿岸及邻近地区早第三纪钙质超微化石的发现及其意义。科学通报,12期,742页。
- 〔9〕同济大学海洋地质系,1980,海、陆相地层辨认标志。科学出版社。
- 〔10〕戈亚生,1983,用介形类化石探讨东营凹陷的沉积环境。石油勘探与开发,5期,17—22页。
- 〔11〕于众,1982,我国辽河地区发现钙质微型化石。石油勘探与开发,3期,82页。
- 〔12〕郝治纯等,1980,有孔虫。科学出版社。

图 版 说 明

- 图 1、2 海松藻科Codiaceae ×10
 (1)藻群体和枝体形态;
 (2)用冰醋酸和三氧化铬水溶液处理后的藻枝体。
- 图 3 珊瑚Anthozoa群体 ×28
- 图 4 中国枝管藻*Cladosiphonia sinensis*藻枝体生长在陆生腹足类体螺环内。 ×14
- 图 5 笔帽虫*Pectinaria* ×25
- 图 6 刺毛类Chaetetida ×5
- 图 7 楯海胆*Clypeaster* ×43
- 图 8 中国枝管藻*Cladosiphonia sinensis*礁体 ×2
- 图 9 山东龙介虫栖管*Serpula shandongensis*礁体 ×2

TWICE TRANSGRESSIONS AND THE FOLLOWING GEOLOGIC
EVOLUTION OF THE JIYANG DEPRESSION DURING
THE EOGENE PERIOD

Ge Yasheng

(Shandong University)

Abstract

It was proved by the palaeontological, mineralogical, petrological and geochemical studies that the transgressions had twice taken place in the Eogene period in the Jiyang depression. The first one took place when the middle and upper parts of the Shahejie—4 Formation in the Eocene series was deposited; the second one occurred when the lower and middle parts of the Shahejie—1 Formation in the Oligocene was formed. The transgressions changed the continent into a lagoon in this area. After the transgressions had ceased, the lagoon was transformed into a fresh-water lake, forming a transformed series composed of the lagoon deposit, the semi-saline lake deposit and the fresh-water lake deposit. There are two sets of transformed series of the Eogene sediments in this area. The environments after the transgressions were favourable for the formation and preservation of oil. The sediments formed during the first transgression have been turned actually to a unique and high-yielding formation of crude oil in the Eogene system in China.

