

东营凹陷沙三晚期古生态与古环境分析

郭秋麟 李 蓬 倪丙荣^①

(石油勘探开发研究院, 北京 100083)

本文通过分析介形类化石组合与生态特征, 结合优势度与信息函数分异度分析, 进而探讨东营凹陷的古环境。认为东营凹陷沙三晚期存在以下 5 种环境: 冲积-滨湖; 冲积-三角洲平原; 浅湖-三角洲前缘; 较深湖-前三角洲和湖湾环境。

关键词 古生态 古环境 分异度 东营凹陷

第一作者简介 郭秋麟 男 30 岁 工程师 石油地质与盆地分析模拟

东营凹陷位于渤海湾盆地济阳拗陷的东南部, 北以陈南和滨南断裂与陈家庄凸起和滨县凸起相接, 东北以青西断裂与青坨子凸起相邻, 南以齐河—广饶断裂与鲁西隆起毗邻, 西以高青断裂与高青凸起为界, 东以莱洲湾相连, 东西长 1080km, 南北宽 56km, 总面积 5700km²。本区沙河街组三段上部, 在 1977 年以前就积累了大量古生物分析化验资料, 1977 年以后又补充了许多重要的资料, 截止目前, 有系统分析化验资料的井就有 100 多口。这些丰富的资料为本文研究奠定了基础。

1 介形类化石组合与古生态分析

各类生物无不适应环境而生存, 因此生物对环境的反应是最灵敏的, 可根据生物的类型、数量及分异度等研究水体的咸度、深度以及底质的性质和有机质的富瘠, 从而判断其地形、气候等。

根据介形类化石群的现生种生活习性、无现生种化石的形态功能及亲缘关系等生态特征, 结合岩性、电性及介形类分异度分析, 可将东营凹陷沙三晚期分为 4 种环境化石组合。

1.1 冲积-滨湖、三角洲平原化石组合

该环境发育有淡水介形类和少量半咸水介形类, 其中以土星介 (*Ilyocypris*)、真星介 (*Eucypris*)、金星介 (*Cypris*)、假玻璃介 (*Pseudocandona*)、沼泽拟星介 (*Cyprois Palustris*)、小豆介 (*Phacocypris*)、小玻璃介 (*Candoniella*)、小河星介 (*Potamocyprella*) 以及小个体的湖花介 (*Limnocythere*)、华花介 (*Chinocythere*) 组合为特征。这些介形类一般个体小, 壳厚且光滑, 常保存在灰绿色、红棕色泥岩、泥质粉砂岩中。

这些介形类的生活习性表明, 土星介在中国半米深的河湖中大量发现, 大湖边不足 1m 的浅水区也很发育, 湖中深水带内则不见 (杨留法等, 1986)。研究区内主要见有济南土星介。真星介的现生种分布于欧洲、美洲、亚洲等地, 中国柴达木盆地的河流、河口地带也有分布

^① 倪丙荣, 石油大学, 教授

(黄宝仁, 1964)。金星介的现生种分布于淡水湖泊、河流及池塘的多水草底质上。假玻璃介的现生种见于贝加尔湖, 主要发育于 1~16m 水深的泥质粉砂底质上(戈亚生, 1980)。沼泽拟星介主要见于湖泊沼泽或河漫滩沼泽环境中, 与之同属的 *Cypris marginata* 曾见于中国青海和欧洲、北美等地, 在俄罗斯贝加尔湖高等植物较多的浅水池中也有发现(戈亚生, 1980)。小豆介为渤海湾盆地的地方性属, 与之相近的现生属为斗星介(*Cypridopsis*), 后者生活于水清而又多具水草的浅水中(Moore & et al, 1961)。小玻璃介大量生活于盐度小于 1% 的小型水体中, 而小河星介则生活于淡水中。

1.2 浅湖-三角洲前缘化石组合

该环境主要发育微咸水、半咸水介形类。由于该环境水深适中, 水体能循环运动而又不太浑浊, 有机质丰富, 有利于生物生存, 因此介形类个体大, 壳面纹饰发育, 种属繁多, 分异度高。该环境中以拱星介(*Camarocypris*)、博兴假玻璃介(*Pseudocandona boxingensis*)、坡形玻璃介(*Candona acclivis*)、长大玻璃介(*Candona grandis*)、纺锤玻璃介(*Fuso candona*)、以及个体大的湖花介、华花介组合为特征。以上介形类一般保存在灰色、灰绿色泥岩、泥质粉砂岩中。

这些介形类的生活习性表明, 拱星介是渤海湾盆地的地方性属, 常保存在绿色泥岩、砂质泥岩中, 壳较厚, 凸度较大, 是适应于滨浅湖环境的生物。坡形玻璃介分布于灰色泥岩中, 在生物灰岩中也有发现。某些坡形玻璃介演化成鼓包玻璃介(*Candona gibbosa*), 现代介形类研究认为鼓包是用于增加壳体的表面积和扩大壳瓣的体积增强呼吸, 说明坡形玻璃介生活于浅水与较深水过渡带。博兴假玻璃介是假玻璃介的一个种, 常与拱星介共生, 见于灰色、绿灰色泥岩中, 在浅水区最发育。纺锤玻璃介的左壳两端具尖, 壳体呈流线型, 反映它们适应于流动的水体, 可用带尖的壳固着于水草或泥底中。湖花介多见于泥质的湖泊中, 在半咸水、咸水中较发育, 在中国的淡水湖泊中尚未发现过(杨留法等, 1986)。浅湖区的华花介较滨湖区的大, 种类也多, 瘤刺纹饰也较发育, 多见于灰色泥岩与粉砂质泥岩中。

1.3 较深湖-前三三角洲化石组合

该环境中生物稀少, 而且优势种也不突出, 以小拟星介(*Cypris mina*)、华北介(*Huabeinia*)及梯形玻璃介(*Candona trapezoidea*)组合为特征, 介形类分异度较低。

上述介形类的生活习性为小拟星介主要保存在灰色、灰褐色、深灰色泥岩中, 代表生活于较深水环境中的生物。梯形玻璃介的左瓣强烈叠覆右瓣, 与贝加尔湖的贝加尔背凹玻璃介(*Candona dorsoconcava*)为代表的深水型介形类非常相似, 它们一般在 10~50m 深水中生活, 在云南抚仙湖的 50~150m 深水处也很发育(杨留法等, 1983)。华北介以及脊刺华北介(*Huabeinia costispinata*), 常与三角形玻璃介、梯形玻璃介及小拟星介共生。

1.4 湖湾化石组合

该环境的化石组合类似于浅湖环境的化石组合, 以湖花介及华花介占主要优势为特征。

以上环境化石组合及其生态分析表明, 不同的环境具有不同的化石组合。因此根据化石组合的分布规律(图 1), 就能划分出不同环境的分布范围。

2 介形类分异度分析

化石群的分异度是指该群中分类单元(属、种等)多样性的程度(郭秋麟等,1990)。分异度的概念首先见于现代生态学的研究,后来在古生态研究中得到了广泛的应用,用来推判地层的沉积环境,也用来探讨生物的演化规律。经验表明,化石群的分异度常常反映沉积环境中的盐度、深度和温度的变化。分异度的计算方法简单易行,在“将今论古”讨论中不受属种异同及有无理生种的限制,因此是古环境分析中一项良好的辅助工具。

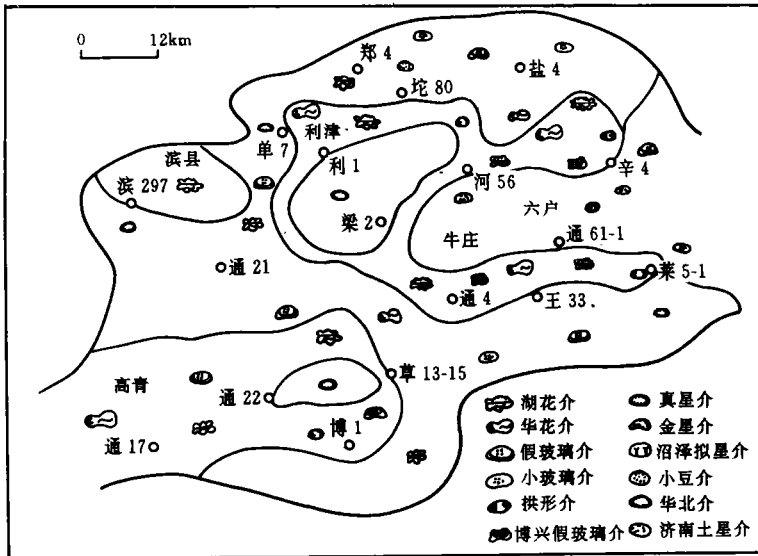


图 1 沙三晚期介形类分布图

分异度包括简单分异度与复合分异度两大类,而每一类中又有若干种不同的统计及计算方法。本文采用简单分异度中的优势度和复合分异度中的信息函数两种指标来探讨古环境。由于中国陆相盆地介形类特别发育,因此下文将用介形类分异度分析古环境。

2.1 优势度与环境的关系

优势度是指样品中个数最多的一个种在全群个体总数中所占的百分比值(郭秋麟等,1990),其计算公式为:

$$dm = n_{max} / N$$

式中, N 为全群个体总数; n_{max} 为样品中介数最多的一个种。

优势度是分异度的反向指标,它能从侧面反映分异度的大小。当优势度很大时,分异度一般很小,只有优势度适中时,分异度才能较大。沃尔顿(Walton,1964)在研究优势度的应用中指出,优势度 dm 本身具有指相意义(Walton WR,1964)。研究事实证明,中国陆相盆地优势度 dm 与水体深度存在着密切的关系。当 dm 小时,水体深度大;反之,水体深度则浅。黄骅拗陷研究表明,由北部深水区向南部浅水区,介形类及其它生物的优势度 dm 有明显增大的趋势(陈仲勋,1985)。根据这一规律和对湖盆优势度的分析计算,就能初步推测出湖盆

水体的相对深浅。

图 2 为东营凹陷沙三晚期介形类优势度 dm 等值线图。如图 2 所示：东营凹陷被通 21—草 13—15 凸起(滨县凸起)分为南、北两部分，北部以利津洼陷为中心，其优势度最小(小于 30%)，向凹陷边缘优势度逐渐增大(大于 50%)；南部以高青—通 22 洼陷为中心，其优势度最小(小于 30%)，向其周边优势度逐渐增大(大于 50%)。对比图 1 可发现，优势度低的地区，对应的环境化石组合为较深湖-前三角洲化石组合，即对应的是深水环境；反之，优势度高的地区，对应的环境化石组合为冲积-滨湖-三角洲平原化石组合，即对应的是浅水环境。

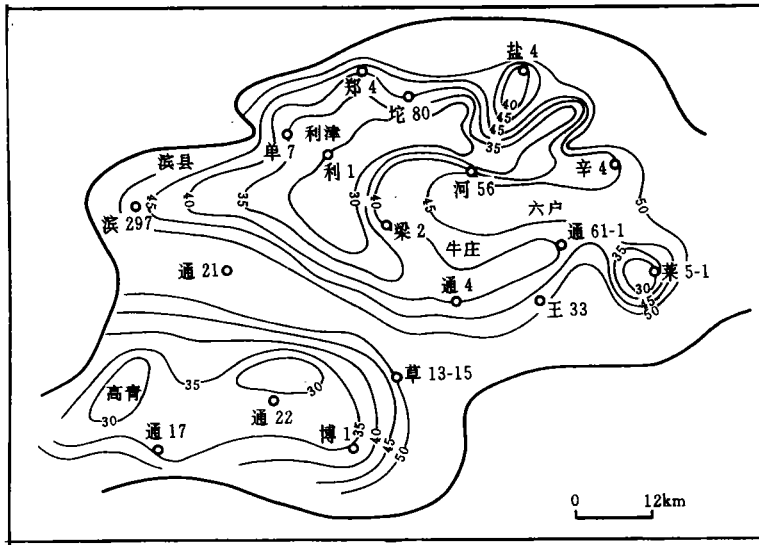


图 2 东营凹陷沙三晚期介形类优势度 dm 等值线图

2.2 信息函数分异度与环境的关糸

信息论自二十世纪 60 年代开始在古生物学上应用。其中的信息函数代表概率空间的不肯定性程度，完全可以用来表示生物群或化石群的分异度。因此，当信息函数用于计算化石群的多样性程度时，就成了化石群分异度的一种良好指标。根据信息论的基本公式，介形类中种(s)的信息函数 H_s 值可依下式求出：

$$H_s = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

式中， P_i 是第 i 个种的个数(n_i)在全群总个数(N)中所占的比例，即：

$$P_i = n_i / N$$

信息函数分异度(以下简称分异度)与环境的关系十分明显。前苏联费尔干地区侏罗纪介形类古生态研究表明，水体稳定的浅湖区分异度最高，水下三角洲和远岸深湖区分异度低，沼泽化湖沼不利于介形类生存，分异度低(郭秋麟等，1990)。笔者对青海湖现代底栖生物的统计研究后，发现在水深 15m(波基面处，浅湖区)附近生物最繁盛，分异度最大。其两侧，即向湖岸和较深湖区分异度逐渐减少。这种现象的产生在理论上是不难阐明的，因为：(1)该处水体较稳定、不浑浊，而且还存在着水体的循环，氧气和有机质都较丰富，有利于生物生

存;(2)该区透明度适中,而且存在一个温度与盐度变化带,适合于不同种类生物的生存;(3)从埋藏学角度上讲,该处既能保存原地生物,又能保存由浅水区带来的异地生物,因此分异度高。因此,利用这一规律,结合分异度计算与分异度等值图的绘制,就能较准确地划分出浅湖区。

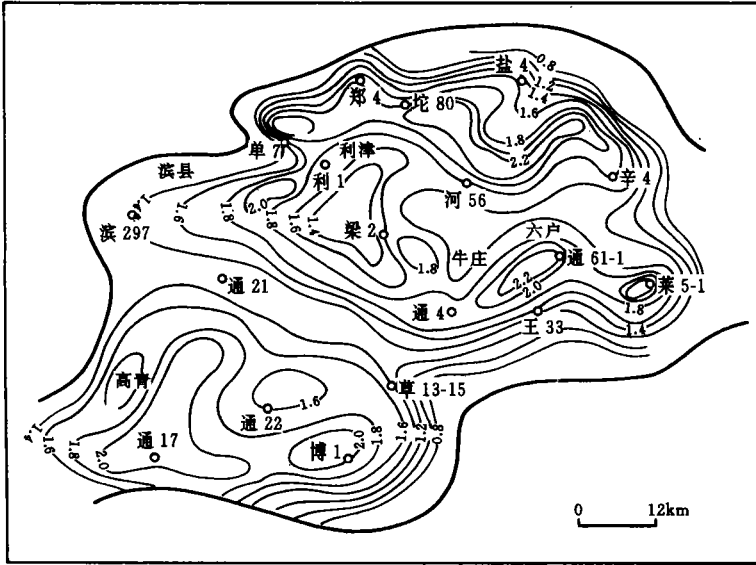


图 3 东营凹陷沙三晚期介形类分异度 H_i 等值线图

图 3 为东营凹陷沙三晚期介形类分异度等值线图。如图 3 所示:在凹陷的东南侧,莱 5-1—通 61-1—通 4 一带和凹陷西北侧单 7 北—坨 80 南—河 56 北一带分异度最高(最大值大于 2.2),其两侧,即向凹陷边缘和凹陷内部分异度逐渐减小(最小值小于 0.8);在凹陷西南部,通 17—博 1 一带分异度值相对较高(高达 2.0),同样地,向凹陷边缘和凹陷内侧,分异度逐渐变小(小于 0.8)。对比图 1 后发现,分异度高值区,对应的环境化石组合为浅湖-三角洲前缘化石组合,即以上分异度高值带为浅湖-三角洲前缘环境带。

3 古环境划分

根据介形类化石的分布规律、化石组合,介形类优势度 dm 值与分异度 H_i 值的相对大小,东营凹陷沙三晚期可划分出以下 5 种环境。

3.1 冲积-滨湖环境

该环境主要分布于凹陷边缘(见图 4),其优势度 dm 值一般大于 45%,局部地区可为 40%~45%(如北部坨 80 附近,见图 2);分异度 H_i 值一般小于 1.6,个别地区可达 1.8(如坨 80 附近,见图 3)。

如图 1 所示:东南部莱 5-1 南—王 33 南—草 13-15 东南地区,见小玻璃介、假玻璃介及小个体的湖花介组合,为冲积-滨湖化石组合;中西部草 13-15—通 21 一带,以真星介、假玻璃介及湖花介组合为主;北部单 7 西—郑 4—盐 4 东北一带,以小豆介、真星介、假玻璃

介、小玻璃介、小个体湖花介和华花介组合为特征。以上化石组合均为冲积-滨湖化石组合。

3.2 冲积-三角洲平原环境

该环境分布于凹陷东部牛庄—六户地区，其优势度 dm 值大于 40%，分异度 H_s 值小于 1.6，以沼泽拟星介、济南土星介、金星介及小玻璃介组合为特色。

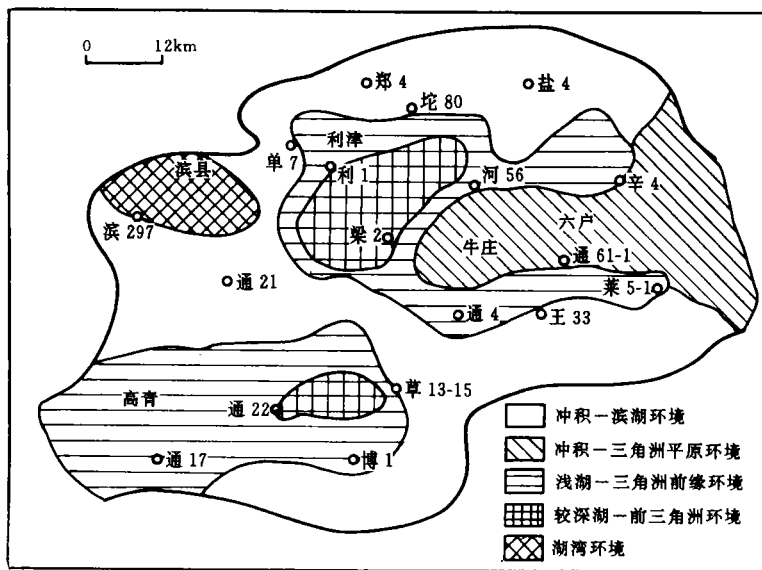


图 4 东营凹陷沙三晚期环境分布图

3.3 浅湖-三角洲前缘环境

该环境主要分布于冲积-滨浅环境的内侧，其优势度 dm 值在 30%~40%之间，分异度 H_s 值大于 1.6。

如图 1 所示：凹陷北部单 7—坨 80 南—河 56 北—辛 4 一带，以个体较大的湖花介、华花介、拱星介及博兴假玻璃介组合为特征；凹陷东南部莱 5—1—通 4—梁 2 南一带，见有拱星介、博兴假玻璃介、湖花介及华花介组合；凹陷西南部高青—通 17—博 1 地区，见有假玻璃介、湖花介、华花介、拱星介及博兴假玻璃介组合。以上化石组合均为浅湖-三角洲前缘化石组合。

3.4 较深湖-前三三角洲环境

该环境分布于凹陷中部利津附近及凹陷西南部通 22 东地区，其优势度 dm 值一般小于 30%，分异度 H_s 值小于 1.6。如图 1 所示，凹陷中西部利津—梁 2 地区，以华北介化石为主，介形类稀少；凹陷西南部通 22 以东地区，同样见有华北介，化石稀少。

3.5 湖湾环境

该环境发育很局限，分布于凹陷西部滨县附近，其优势度 dm 值大于 40%，分异度 H_s 值小于 1.8，介形类以湖花介及华花介占优势为特征。

如图 4 所示，东营凹陷沙三晚期末的湖盆已演变成浅水湖盆。湖盆中较深水区已变得很小，湖盆的大部分地区已被冲积-滨湖、三角洲平原所覆盖。从三角洲分布位置推测，沙三晚期主要物源来自牛庄—六户以东的东部方向。由于东部地区三角洲不断向西推进，湖盆较深

水区不断向西退缩,导致末期为浅水湖盆。

4 结论

(1)优势度 dm 值的大小与陆相湖盆环境有明显的关系,湖盆边缘浅水区,优势度 dm 值较大,反之,湖盆中心深水区,优势度 dm 值较小。利用这一规律可推测出古环境。

(2)信息函数分异度 H_s 值的大小与湖盆环境存在着密切关系,在浅湖区,信息函数分异度 H_s 值最大,向岸边及较深水区,信息函数分异度 H_s 值逐渐变小。这一规律可用于古环境分析。

(3)根据介形类化石群的现生种生活习性、无现生种化石的形态功能及亲缘关系等生态特征,结合介形类分异度分析,可较准确地划分出古环境。

(收稿日期:1994年1月10日)

参 考 文 献

- 1 石油化学工业部石油勘探开发规划院等编.渤海沿岸地区早第三纪介形类.北京:科学出版社,1978
- 2 中国科学院兰州地质研究所等编.青海湖综合考察报告.北京:科学出版社,1979
- 3 杨留法等.宁夏前进湖表层沉积物中的介形类及其分布规律的初步研究.海洋湖沼通报,1986,15(2):13~18
- 4 黄宝仁.柴达木盆地甘森区介形类化石.古生物学报,1964,12(2):241~270
- 5 戈亚生.济阳拗陷的化石韵律性与沉积环境的关系.石油勘探与开发,1980,7(6):1~6
- 6 Moore R C et al. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part. Q, Athropoda, 3. crustacea. Ged. soc. Amer., 1961
- 7 杨留法等.云南抚仙湖表层沉积物中的介形类及其分布规律的初步研究.科学通报,1983,28(10):617~621
- 8 郭秋麟等.利用化石群分异度探讨古水深.石油大学学报,1990,14(2):1~7
- 9 Walton WR. Recent Foraminiferal Ecology and Paleoecology. Approaches to Paleoecology, ed Imlrie J., N. Newell, 1964
- 10 陈仲勤.黄骅凹陷早第三纪沙河街组三段沉积环境分析.海洋地质与第四纪地质,1985,5(2):37~50

PALEOENVIRONMENT AND PLLEOECOLOGY OF DONGYING SAG DURING LATE SHAHEJIE III (OLIGOCENE)

Guo Qiulin Lipeng Ni Bingrong

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing)

The paleoenvironment of Dongying Sag is studied by focusing on the features of Ostracoda fossil community and paleoecology, especially the dominance (dm) and diversity (H_s) of Ostracoda. The five environments in the late shahejie III (Oligocene) of Dongying Sag are distinguished: 1) floodplain-coastal lake; 2) alluvial delta plain; 3) shallow lake-delta; 4) sub-deep lake-prodelta; 5) lake bay.