

# 东濮凹陷早第三纪的海侵(泛)事件

任来义

(西北大学地质系 西安 710069)

林桂芳 赵志清 王兴武

(中原油田勘探开发科学研究院 河南濮阳 457001)

**提要** 依据生物化石 *Sphenolithus ciperoensis*, *Dictyococcites abisectus*, *Coccolithus pelagicus*, *Reticulofenestra* sp., *Sinocysta minuta*, *S. subtilis*, *Cordosphaeridium*, *Achomosphaera*, *Spiniferites*, *Ophinomorpha nodosa*, *Cladodisiphonia sinensis*, *Knightia* sp. 和石盐中的溴( $\text{Br}^-$ )及溴氯系数( $\text{Br}^- \times 10^3 / \text{Cl}^-$ ), 碳酸盐岩中氧、碳同位素( $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ )值, 泥岩中的 Th/U 值, 认为东濮凹陷早第三纪沙河街组三段、一段沉积期发生过海侵事件。

**关键词** 海侵 微体古生物 地球化学 沙河街组三段、一段 东濮凹陷

东濮凹陷位于渤海湾盆地临清坳陷的西南部, 地处河南、山东两省交界处。凹陷内早第三纪地层发育, 尤其是沙河街组三段、一段发育有巨厚的盐岩沉积, 与其它凹陷少盐或无盐沉积形成明显对比, 因而十分引人注目。关于盐岩沉积的来源是否有海水影响的问题, 一直成为人们争论的焦点。

在孙镇诚等(1997)撰写的《中国中生代咸化湖泊沉积环境与油气生成》第三章中的“论非海相沟鞭藻”、第五章中的“早第三纪中国东部深水(咸化)湖泊沉积的主要特点”, 以及姚益民等(1994)撰写的《中国油气区第三系(IV)渤海湾盆地油气区分册》第五章第四节“海陆判别标志的讨论”中, 均以东濮凹陷为重点论述了早第三纪我国东部与海水无缘的观点。而在何承全等(1989)发表的《东濮地区早第三纪沟鞭藻及其他藻类》一书中, 则认为东濮凹陷曾受到海侵的影响。为什么在多部著作中都提到东濮凹陷, 而且观点互不相容呢? 其原因大致有三: 一是在渤海湾盆地中唯有东濮凹陷沙三段产有典型的海相钙质超微化石和海相遗迹化石; 二是东濮凹陷沙一段的石盐经测定, 溴氯系数与海洋水早期结晶的石盐溴氯系数接近, 这一特点在渤海湾盆地其它凹陷中未曾出现。笔者通过对东濮凹陷古生物、地球化学等资料的综合研究, 认为东濮凹陷下第三系沙河

街组不仅仅是陆相沉积的产物, 而且也受到过海侵(泛)的影响, 有关资料叙述讨论于后。

## 1 古生物标志的讨论

东濮凹陷沙三段以深灰色泥岩、灰色砂岩为主, 夹油页岩、钙质页岩及生物灰岩, 凹陷北部有累计厚度逾千米的盐岩层沉积, 产有丰富的多门类生物化石。

### 1.1 沟鞭藻类

孙镇诚等(1997)依据沟鞭藻类化石丰度低、属种类型单调、分异度低而优势度高, 化石个体总体偏小等六大特征, 推断我国东部早第三纪沉积期没有发生过海侵事件。单从这一角度出发, 我国东部早第三纪没有发生过海侵是可以理解的。但笔者依据本凹陷沙三段占绝对优势的 *Sinocysta minuta*, *S. subtilis*, *Cordosphaeridium*, *Oligosphaeridium*, *Achomosphaera*, *Operculodinium*, *Bohaidina*, *Parabohaidina*, *Palaeoperidinium* 等沟鞭藻类分析, 其中以 *Cordosphaeridium* 和 *Achomosphaera* 为代表的属种仅有产于海相沉积环境的记载, 在淡水沉积中未见报道, 而 *Sinocysta minuta* 和 *S. subtilis* 等均见于新疆塔里木盆地西部海相地层中。而且在

孙镇城等(1997)所列举的表 3-1 中,可以看出东濮凹陷沟鞭藻的属种数在咸化湖盆中居首位,属种类型并不单调,分异度也不低,而是较高(东濮沟鞭藻化石有 34 属 80 余种,江汉盆地有 17 属 27 种,河南泌阳凹陷有 19 属 41 种)。因此,笔者认为沙三段沟鞭藻类仍有不少分子来源于海水中。

诚然,本凹陷沙三段沟鞭藻与正常海相的沟鞭藻相比,存在着如前述两本著作中所说的:化石分异度低(已报道正常海相都在 50 属 120 种以上),个体总体偏小,刺偏短,突起不太精致,内体轮廓线不很清晰,板式和古口常不明显等差别,笔者认为这些差异正是由于东濮凹陷距海较远,虽有海侵影响,但与广海沟通不畅,水体盐度始终不正常,因而生存环境与正常海有别造成的。另外,两本专著中也均谈到了我国现代咸化的青海湖中,每  $1\ 000\text{ cm}^3$  湖水中含甲藻 13 985 个,占藻类含量的 19%,但有多少属多少种,其形态构造特征均未谈及和考证,因此,也无法与东濮凹陷的沟鞭藻进行对比。在他们看来,现代咸水湖产沟鞭藻类,我国东部地区新生代沉积沟鞭藻类化石也应是内陆咸水湖相。

### 1.2 钙质超微化石

东濮凹陷沙三段下部一层灰黑色纹层泥岩产有丰富的钙质超微化石,经钟石兰鉴定(钟筱春等, 1988),计有 *Sphenolithus ciproensis*, *Dictyococcites abisectus*, *Coccolithus pelagicus* 等,前者是欧洲下第三系海相钙质超微化石 Np<sup>25</sup> 带的带化石,后者是该带的重要成员,第三者则是大洋水体中的常见分子。基于上述,笔者认为沙三段沉积期无疑发生过海侵事件。

### 1.3 枝管藻类、鱼类化石

在沙三段一层约 20 m 厚的藻灰岩中产有数量丰富的 *Cladosiphonia sinensis*, 钙质页岩中产有鱼类化石 *Knightia* sp., 前者为一种造礁绿藻类化石种,而现代造礁绿藻多生活于亚热带的宁静浅海、潮间带的岩石上。在本区该化石种分布于东濮凹陷兰聊断裂下降盘的毛岗地区(毛 2 井),藻礁之下为约 30 m 厚的灰质角砾岩(为生物礁的固着物)。此类化石偶尔与游泳型的广盐性介形类化石 *Cyprinotus* 共生,因此,底栖生物与游泳生物在一块岩样中同时出现是一种常见的现象,故不能用 *Cyprinotus* 为陆相化石种来确定 *Cladosiphonia* 也为陆相的产物,而且,广盐性也不能看成为纯陆相。与 *Knightia* sp. 相近的现代属在浅海及河口集群生活,是广盐性的

海生生物,它们在渤海湾盆地的出现被解释为不是真正海相环境中形成的鱼群(张弥曼等, 1985)。但是,笔者认为 *Knightia* 是一个经常发现于海相地层的化石属,因此也可以作为海侵事件的一种依据。

### 1.4 生物遗迹化石

产于沙三段与沙四段界线附近的遗迹化石 *Ophinomorpha nodosa*, 在东濮凹陷北部经常出现,该化石种至今仅有滨海沙岸带的报道(吴贤涛, 1995)。为此,孙镇诚等(1997)花了较大的篇幅讨论了 *Ophinomorpha* 的生态环境,即陆相地层中也有 *Ophinomorpha* 存在。但笔者认为 *Ophinomorpha nodosa* 在本凹陷中的出现,并没有失去其指示滨海沙岸带的意义。

东濮凹陷沙一段主要岩性为灰色泥岩夹钙质、白云质泥岩、泥质白云岩、灰色粉砂岩和灰白色生物灰岩,局部地区发育厚层盐岩、泥膏岩和含石膏泥岩。沙一段的沟鞭藻类化石组合以细刺状小个体囊孢类型为主,如 *Operculodinium*, *Rhombodella*, *Cleistosphaeridium*, *Sentusidinium* 等。这类化石所反映的沉积环境和 Kumar (1980)所述的具细小突起的囊孢指示近岸浅海环境相一致。此外,在本段下亚段产丰富的 *Spiniferites puyangensis*, 虽然它是一个本区的地方种,但这个属的化石沟鞭藻分子全为海相,它在本区较多出现可能与一种高盐环境有关,但它的存在无疑与海侵有关(何承全等, 1989)。沙一段的钙质超微化石仅有 *Reticulofenestra bohaisensis*, 但数量尚丰富。这个分子是非正常环境下的广盐性分子(孙镇诚, 1997), 钟筱春等(1988)在讨论了该分子沉积环境后则认为:“这些足以说明,渤海湾盆地渐新世时期曾断断续续地与海水沟通,一些广盐的浮游生物进入湖盆,并得以生存和繁殖,从而造成了湖相生物群中混杂着海生生物种类”。这种单一属种的出现,还见于地中海 372 钻位钻孔剖面中(许靖华, 1985)。在该剖面的白色层中,钙质超微化石数量丰富,但属种单调,或由 *Sphenolithus abies* 和一种个体极小的 *Reticulofenestra* sp. 组成,或仅含其中的一属。这种单调的属种也反映了白色层沉积时,曾受到过海水的影响。

沙三段、沙一段介形类数量丰富,但是底栖型的分子与钙质超微化石及海相沟鞭藻、遗迹化石共生的现象极为少见。因此,在沙三段、沙一段连续出现的介形类化石是陆相地层的产物,但它们不是足以否定海侵的依据。

2 岩石地球化学标志的讨论

2.1 泥岩中的钍/铀(Th/U)比值

钍和铀的分布与沉积环境有密切关系。一般说来,铀的丰度在海相沉积物中高于陆相沉积物,而钍则相反。据此,可利用钍/铀比值作为判断海陆相的一个标志。据 J. 亚当斯(1965)的研究,海相黑色页岩、石灰岩的蒸发岩中的钍/铀比值最低(<2);海相灰绿页岩中钍/铀比值中等(2—6);陆相页岩中钍/铀比值最高(>6)。表 I 中列举了东濮凹陷沙三段 13 个泥岩样品的钍、铀含量。从表中可以看出,13 个样品中有 5 个的钍/铀值大于 6(6.4—7.0),2 个样品接近于 6(5.6—5.96),3 个样品在 2—6 之间(2.23—4.10),3 个样品小于 2(1.3—1.75)。因此,从钍/铀比值来看,东濮凹陷沙三期的沉积物显示了有海水影响的特点。

表 I 东濮凹陷沙三段泥岩钍、铀元素丰度表  
Abundance of element Th, U of mudstone of ES<sub>3</sub>,

Shahejie Formation					
井别	井深(m)	层位	U( $\times 10^{-6}$ )	Th( $\times 10^{-6}$ )	Th/U
桥 17	3 719.0	ES <sub>3</sub> <sup>2</sup>	5.90	18.10	3.10
桥 17	3 726.5	ES <sub>3</sub> <sup>2</sup>	3.03	20.30	6.60
桥 17	3 790.5	ES <sub>3</sub> <sup>3</sup>	11.50	15.70	1.37
桥 16	3 943.2	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	5.54	12.40	2.23
桥 16	3 801.2	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	6.41	8.02	1.30
明 48	2 107.0	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	6.91	12.10	1.75
马 15	3 258.0	ES <sub>3</sub> <sup>2</sup>	3.07	18.30	5.96
胡 5	2 332.0	ES <sub>3</sub> <sup>2</sup>	2.71	18.30	6.75
胡 8	3 511.2	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	2.73	17.40	6.40
兰 1	1 933.0	ES <sub>3</sub>	3.65	14.90	4.10
文 152	2 964.0	ES <sub>3</sub> <sup>1</sup>	2.97	21.00	7.00
文 86	3 165.0	ES <sub>3</sub> <sup>2</sup>	3.02	19.40	6.40
文 204	3 310.0	ES <sub>3</sub> <sup>2</sup>	2.85	15.90	5.60

2.2 石盐中的溴(Br<sup>-</sup>)及溴氯系数(Br<sup>-</sup> × 10<sup>-3</sup>/Cl<sup>-</sup>)

据有关资料记载,大洋中溴的含量约 60 × 10<sup>-6</sup>—70 × 10<sup>-6</sup>,当大洋水蒸发浓缩时,早期结晶的石盐溴氯系数为 0.11 左右。内陆咸化湖泊沉积石盐的溴含量及溴氯系数要比正常海相沉积石盐低得多,海相沉积盐岩的溴氯系数最低值为 0.11(孙镇诚等,1997)。用这一数值区分海水蒸发的盐岩和湖水蒸发的盐岩是可行的。东濮凹陷分析的盐岩样品中

含钠 8.01%,含氯为 91.99%,因而称为石盐。  
表 II 是东濮凹陷沙三段、沙一段盐岩分析结果,从表中可以看出:沙一段 6 个样品中有 3 个样品的溴氯系数分别为 0.16、0.105 和 0.093,显示了海水蒸发盐岩的特征。在新濮 1-22 井沙一段 2 343.8 m 处溴氯系数低(0.03),这可能与沙二段沉积期水体为淡水有关。然而自井深 2 338.9 m 至 2337.0 m,溴氯系数迅速递增(0.075—0.088—0.093—0.105),表明受海水影响由弱到强。沙三段 7 个样品中,有 6 个样的溴氯系数在 0.013—0.080 之间,一个样品的溴氯系数为 0.150,这反映了沙三段沉积期以陆源水为主,但并不能排除海侵的可能性。基于沙三段、沙一段石盐溴氯系数的变化,笔者认为东濮凹陷至少具有两种来源的盐岩,即海水及陆源。

表 II 东濮凹陷沙三段、沙一段盐岩 Br<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup> 含量及 Br<sup>-</sup> × 10<sup>-3</sup>/Cl<sup>-</sup> 系数  
Br<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> content and Br<sup>-</sup> × 10<sup>-3</sup>/Cl<sup>-</sup> factor of ES<sub>3</sub> and ES<sub>1</sub>,  
Shahejie Formation

井号	井深(m)	层位	Br ( $\times 10^{-6}$ )	Br-%	Cl-%	Br <sup>-</sup> × 10 <sup>-3</sup> /Cl <sup>-</sup>
新濮 1—122	2 337.0	ES <sub>1</sub> <sup>F</sup>	61	0.0065	59.87	0.105
	2 337.50		54	0.0054	57.92	0.093
	2 338.50		53	0.0053	60.25	0.088
	2 338.90		21	0.0021	28.00	0.075
	2 353.80		18	0.0018	54.48	0.030
濮 1—154	2 401.07	ES <sub>1</sub> <sup>F</sup>	96	0.0096	58.76	0.160
濮 63	3 291.02	ES <sub>3</sub> <sup>2-3</sup>	7	0.0007	52.27	0.013
卫 42	3 279.20	ES <sub>3</sub> <sup>2-3</sup>	23	0.0023	57.78	0.040
卫 43	3 376.00	ES <sub>3</sub> <sup>2-3</sup>	43	0.0043	58.24	0.080
文 26	2 966.00	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	15	0.0018	52.56	0.030
	2 971.60		25	0.0025	59.00	0.040
文 204	3 910.00	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	90	0.0090	59.13	0.150
	3 915.00		30	0.0030	59.16	0.050

2.3 碳酸盐岩中氧、碳同位素(δ<sup>18</sup>O、δ<sup>13</sup>C)值  
据 Degens (1965) 资料,海相碳酸盐中 δ<sup>13</sup>C‰(PDB) 值为 -3—+3,陆相碳酸盐中 PDB 值为 -15—-5,蒸发盐相中的碳酸盐 PDB 值为 -2—+5。同年, Saekett (1966) 的资料表明海水与淡水相混时,其 δ<sup>13</sup>C‰(PDB) 值将提高,可达 1—10。表 III 是东濮凹陷碳酸盐同位素测定结果,从中可以看出,9 块样品中有 7 个样品的 δ<sup>13</sup>C‰(PDB) 值为 -2—+1.98,其中又有 5 个样品为 +0.36—+1.98。上

述数值分别在 Degens (1965) 的蒸发岩相中的碳酸盐与 Saekett 的海水、淡水混合时的  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  数值区间内。若以 Z 值  $[Z = 2.048 \times (\delta^{13}\text{C} + 50) + 0.498 \times (\delta^{13}\text{C} + 50)]$  来看, 上述 9 个样品中有 6 个样品 Z 值大于 120, 其余 3 个也较接近, 根据 Keith 和 Weber (1964) 研究, 认为 Z 值大于 120 为海相, 陆相 Z 值则小于 120。毛 2 井发育有一层厚约 20 m 的藻灰岩, 在井深 1 782.10 m 测得  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (PDB) 值为 0.36, Z 值为 128, 并产有化石 *Cladosiphonia sinensis*, 显示了海相碳酸盐的特色, 而在井深 1 800.50 m, 1 798.00 m 的 PDB 值分别为 -5.01 和 -3.85, Z 值分别为 113 和 118, 并产有广盐性介形类化石 *Cyprinotus*, 显示了陆相碳酸盐的特征。卫 18-5 和新濮 1-122 钻孔中的  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (PDB) 值均大于 1‰, 显示了海水、淡水混合时的特色, 而且前面已叙述过新濮 1-122 钻孔中盐岩的溴氯系数具有海水早期结晶的石盐的特色。因此, 虽然现代咸化青海湖水底泉华的 Z 值大于 120, 但不能完全否认 Z 值 120 为区分海、陆相碳酸盐这一基本看法, 也不能简单地把碳酸盐的碳、氧同位素看成是指示盐度的一种指标。

表Ⅲ 东濮凹陷沙三段、沙一段碳酸盐 C、O 同位素  
Carbonate C、O isotope testing result of Shahejie Formation

井号	井深 (m)	层位	样品岩性	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{C}$ (PDB)	Z 值
新濮 1-122	2 129.10	ES <sub>1</sub> <sup>上</sup>	生物白云岩	1.09	-5.07	127
	2 148.81			1.23	-8.65	125
	1 782.10			0.36	-1.00	128
毛 2	1 798.00	ES <sub>3</sub> <sup>1</sup>	生物灰岩	-3.85	-6.49	116
	1 800.50			-5.01	-8.23	113
明 1	1 830.43	ES <sub>3</sub> <sup>1</sup>	泥晶白云岩	-2.09	-9.11	118.5
卫 185	2 846.26	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	泥晶白云岩	1.27	-0.65	127
	2 950.51			1.98	-7.54	128
卫 20	2 850.79	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	含泥质 泥晶白云岩	-1.08	-8.86	120.6

综上所述, 笔者认为东濮凹陷沙三段及沙一段沉积期曾发生过海侵事件。

3 对海水通道的初步设想

作为海侵(泛)的通道问题, 常常是人们对海侵是否发生这一疑问的焦点。由于作者掌握的资料有限, 对东濮凹陷遭海侵的通道只能提出两种可能性, 进而引起同行们对这一问题的深入探讨。

第一条通道可能是古黄河 NE 向断裂带。这是一条自中生代以来继承性长期下降接受沉积的沉降带, 控制了该带中、新生代沉积盆地的发展演化, 也是控制古老基底分异的古老构造带。在该带中, 兰考—曹县—丰县—徐州为一裂谷, 在这一裂谷中, 丰县凹陷早第三纪盐系沉积中  $\text{Br}^-$  含量最高为  $50 \times 10^{-6}$ , 一般为  $20 \times 10^{-6} - 40 \times 10^{-6}$ ,  $\text{Br}^- \times 10^{-3} / \text{Cl}^-$  最高为  $0.083 \times 10^{-6}$ , 一般  $0.034 \times 10^{-6} - 0.067 \times 10^{-6}$ ; 该凹陷泥岩硼含量相对也较高, 即  $134 \times 10^{-6} - 570 \times 10^{-6}$ , 平均  $299 \times 10^{-6}$ 。刘群等 (1987) 研究后认为“可能与海相层发育有关”, 而不是典型的陆相盐湖。丰县凹陷石盐溴氯系数、泥岩硼含量等指标与东濮凹陷基本一致, 因此古黄河故道可作为东濮凹陷当时的海水通道。

第二条通道可能是一些学者 (林舸, 1991) 所提出的兰聊断裂带, 该断裂带贯穿东濮凹陷、莘县凹陷、济阳凹陷等, 而三个凹陷的古生物化石面貌基本相似。

笔者在研究工作中曾得到中国科学院南京地质古生物研究所钟石兰、何承全研究员, 焦作矿业学院吴贤涛教授, 西北大学符俊辉教授的热情帮助, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

许清华, 1985. 地中海盐度突变的历史. 见何起祥等译: 大地构造与沉积作用. 北京: 地质出版社. 382—410.  
孙镇城, 杨 藩, 张枝焕等, 1997. 中国中生代咸化湖泊沉积环境与油气生成. 北京: 地质出版社. 69—108, 172—179.  
刘 群, 陈郁华等, 1987. 中国中生代陆源碎屑-化学岩型沉积. 北京: 北京科学技术出版社. 52—71.  
张弥曼, 周家健, 秦德荣, 1985. 渤海沿岸地区第三系鱼类化石. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所集刊, 17: 1—5.  
吴贤涛, 张庆智, 张国成等, 1995. 东濮凹陷北部下第三系沙四段沉积期海水入侵前后生物痕迹特征及其意义. 见: 沉积学及岩相古地理学新进展. 北京: 石油工业出版社. 273—277.  
何承全, 朱神照, 靳广兴等, 1989. 东濮地区早第三纪沟鞭藻及其它藻类. 北京: 石油工业出版社. 15—21.  
林 舸, 1991. 东濮凹陷及邻区卫星影像特征及其地质意义. 北京: 石油工业出版社. 12—45.  
郝治纯, 李蕙生, 1984. 渤海沿岸地区及邻近地区第三纪钙质超微化石的发现. 科学通报, 29(12): 741—745.  
钟筱春, 钟石兰, 费轩冬等, 1988. 渤海湾盆地沙河街组一段颗石藻化石及其沉积环境. 微体古生物学报, 5(2): 145—151.  
赵志清, 吕红玉, 1988. 东濮凹陷晚始新世生物群及其古环境探讨. 微体古生物学报, 5(3): 315—322.

姚益民,梁鸿德等,1994. 中国油气区第三系(Ⅳ)渤海湾盆地油气区分册·北京:石油工业出版社.102—132.

Keith M L, Weber F, 1964. Carbon and oxygen isotopic compisition of selected limestones fossils. *Geoch. et Cosmoch. Acta.*, **28**: 1786—1816.

Degens E F, 1965. *Geochemistry of sediments; a srief survey*. Prentice-Hall, Inc. 1—342.

Kumar A. 1980. Fossil dinophyceae and its use in petroleum exploration with special reference to India. *J. Palaeont. Soc. India*, **23/24**: 4—15.

Muller G, Wagner F, 1978. Holocene Carbonate Evolution in lake Balaton (Hungary): A Response to climate and Impact of Man. *Int. Assoc. Sediment. Spec. Publ.*, **2**:57—81.

EARLY TERTIARY MARINE TRANSGRESSION IN DONGPU DEPRESSION

REN Lai-Yi

(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069*)

LIN Gui-Fang ZHAO Zhi-Qing WANG Xing-Wu

(*Exploration and Development Science Institute of ZPEB, Puyang, Henan 457001*)

**Key words** marine transgression, micropalaeontology, geochemistry, ES<sub>3</sub>, ES<sub>1</sub> of Shahejie Formation, Dongpu depression

This article demonstrates the characteristics of sedimentary period of ES<sub>3</sub> and ES<sub>1</sub> of Shahejie Formation (Early Tertiary, Dongpu depression), which relates to marine transgression with microfossils and some geochemical indexes. There is only report of marine sedimentary environment for representative dinoflagellate fossils *Cordosphaeridium* and *Achomospaera*; while *Sinocysta minuta* and *S. subtilis* are all found in marine formations of west Tarimu Basin in Xinjiang. Though *Spiniferites puyangensis*, which is abundant in ES<sub>1</sub>, is an endemic species, most of the fossil dinoflagellate genus were marine origin. Among the calcareous nannofossils, *Sphenolithus ciperoensis* is a zonal guide fossil of marine calcareous nannofossil zone Np<sup>25</sup> of European Early Tertiary; *Dictyococcites abisectus* is an important element in this zone and *Coccolithus pelagicus* is common in ocean water body. *Reticulofenestra bohaiensis* is abundant but monotonic in ES<sub>1</sub>, which is also shown in boring section of drilling location 372 in Mediterranean. *Cladosiphonia sinensis* is a kind of reef-forming green algae fossil, and most of current reef-forming green algae live on rocks of quiet shallow

sea and intertidal zone in subtropics. Similar living species of fish fossil *Knightia* sp. lives in shallow sea and debouch gathering, which is an euryhalinous marine organism. There is only report of marine sand bank for common trace fossil *Ophinomorpha nodosa*. Geochemical indexes include: Th/U value of ratio between 2—6 (2.23—4.10) or less than 2 (1.3—1.75) for 3 of 13 shale samples respectively, which shows sea water influence;  $Br^{-} \times 10^{-3} / Cl^{-}$  parameter analysis of halite, 3 of 6 samples from ES<sub>1</sub> being 0.16, 0.105 and 0.093 respectively, which exceed or approach the criterion ( $>0.11$ ) of marine halite evaporation, while of 7 samples from ES<sub>3</sub> being more than 0.11 (0.15), which shows salt resource of Dongpu depression derived from both sea and land. Oxygen and carbon isotope analysis of 9 carbonate rocks,  $\delta^{13}C_{\text{‰}}(PDB)$  values of 5 samples are +0.36—1.98, which is in the  $\delta^{13}C_{\text{‰}}(PDB)$  value interval (−3—+3) when sea water and fresh water are mixed. From the analysis of palaeontological data and geochemical analysis, we think marine transgression had happened in ES<sub>3</sub> and ES<sub>1</sub> of Early Tertiary Shahejie Formation of Dongpu depression.