

渤海湾西岸中更新世以来 古生态、古气候、古地理

苍树溪 赵松令 张宏才 黄庆福

(中国科学院海洋研究所)

内 容 提 要

本文对渤海湾西岸几个钻孔岩芯中所含微体古生物(有孔虫、介形类),做了生态和古生态分析。根据生态组合在水平方向上的分布,划分了“生态组合相带”;在地层中垂直方向上的分布,称之为“生态组合层序”。结合古地磁测量及 C^{14} 年代测定,确定了地层年代,进行了世界性对比,并且恢复了本区古气候、古地理。

本文研究范围为河北省沧州地区,主要在黄骅县、海兴县境内。

华北平原为我国平原第四纪研究最久,资料积累最多的地区,很多科研及地质单位做了大量工作,取得了丰富的研究成果。

近几年来,我们配合河北省水文队的同志,在华北平原东部地区,先后收集了沧州孔、高湾孔、南排河孔、辛集孔的资料,同时搜集了70多个其他单位的分析资料。分别做了微体古生物(有孔虫、介形类)分析,古地磁测量(辛集孔), C^{14} 年代测定(南排河孔),现就这几方面结果进行综合分析。

工作中参阅了中国科学院贵阳地化所,中国地质科学研究院地矿所,中国科学院地理所,河北省地质局,天津地震队等单位在该区所做的若干分析资料。此外,河北省地质局水文队提供大量资料,在具体工作中给予很多帮助,中国科学院南京地质古生物所侯祐堂同志给予热情鼓励和帮助,郑守仪、付钊先同志也给予帮助,秦蕴珊同志审阅文稿,蒋孟荣清绘图件,均在此表示感谢。

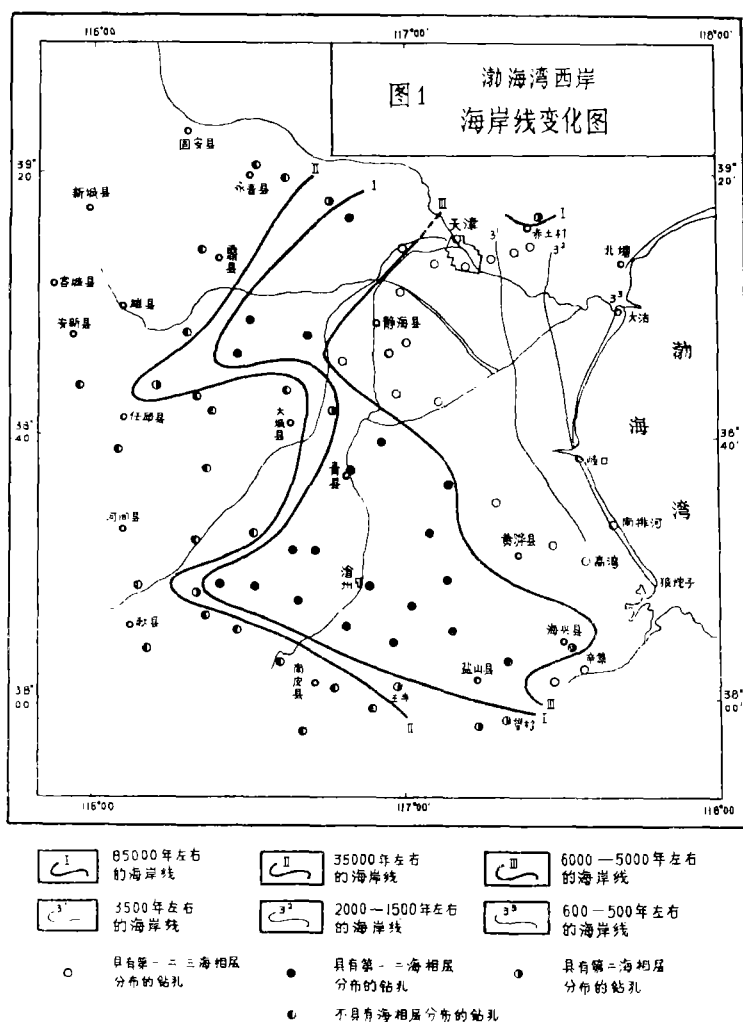
一、有关微体生物群的生态与古生态分析

有孔虫、介形类等微体化石在本区第四纪地层中分布广泛,数量丰富,保存完好,为研究第四纪以来微体古生物的古生态,进而恢复当时的古气候、古地理提供了科学依据。(图1)

根据上述各孔的微体古生物的分析结果,将各层位中的优势种、生态指示种,按出现层位,图示如下。(图2)

由于第四纪地层中所保存的微体古生物绝大部分为现生种属,而这些现生种属的生态是研究得比较详细的,这就大大有助于我们进行古生态分析。

(一) 生态组合相带的划分



1. 有孔虫:

有孔虫作为海相指示生物是十分可靠的。它个体小,数量多,分布广泛,而且在地层中保存完好,特别是对现生的有孔虫详细的生态研究表明:在不同的生态环境下,有不同的生态组合,所以它是研究第四纪以来的古生态、古气候、古地理变化的重要手段。

根据郑守仪,付钊先等同志对现代渤海有孔虫的研究,以及岩芯中有孔虫的分布,都证明有孔虫随生活环境的不同,种属组合的变化是明显的。深度是最主要的生态控制因素,因为它直接包含着温度、盐度、底质等生态因素的变化。我们根据有孔虫生态组合随深度的变化,划分二个生态组合相带。

(1) 河口、沼泽、近岸浅海(< 15 米)相组合带:

有孔虫代表属种为 *Ammonia tepida*, *Ammonia* spp., *Pseudoeponides andersoni* 及我国所特有的新属种 *Stomoloculina multangula* Ho, Hu and Wang, *Pseudononionella variabilis* Zheng。这些属种生活在河口、沼泽、近岸浅海、咸水、半咸水环境下,它们在地层中的分

布,一般在海相地层的顶部或底部。因此,上述属种占优势的地层,可认为是河口、沼泽、近岸浅海相沉积物,与此相当的钻孔位置,可确定是在古海岸附近。

(2) 浅海相(水深 15—30 米左右)组合带:

这一组合带较前一组合带在属种数量、个体数量上都有明显增加。代表属种为: *Ammonia annectens*, *Pseudorotalia gaimardii*, *Cribrononion incertum*, *Elphidium advenum*, *Quinqueloculina seminula*, *Q. akneriana rotunda*, *Spiroloculina laevigata*。这一组合带已为正常浅海环境,其分布往往位于海相地层的中部。

上述二个有孔虫生态组合相带在水平方向的分布(III → IV),反映从近岸浅海到正常浅海的相变;在地层中垂直方向的分布(III → IV)则反映一个海进过程(图 3)。

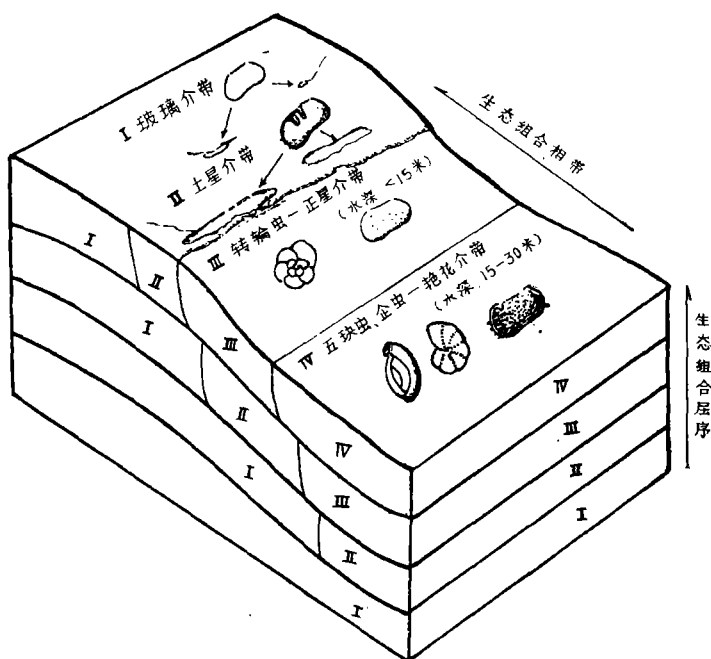


图 3 生态组合水平方向、垂直方向变化示意图

2. 介形类:

介形类作为“相”的指示生物,有其特殊的意义。它不仅可象有孔虫那样,在海相环境中划分“生态组合相带”,而且在半咸水、淡水等陆相环境中也有指示属种,从而弥补了有孔虫的不足。将两者的生态组合综合起来,就可以对地层形成的地史过程有一个较确切的解释。根据对渤海现代介形类的分析,结合它们在地层中的分布,在海相地层中,与有孔虫相对应,划分两个生态组合相带。淡水陆相地层,根据介形类划分生态组合相带。

海相

(1) 河口、沼泽、近岸浅海(< 15 米)相组合带

介形类以 *Cyprideis* 为代表,这是一个世界性的近岸浅海、广盐度的环境指示种。本区以 *Cyprideis cf. littoralis* 最丰富,还有常见优势种为: *Albileberis sinensis*, *Neomonocera-tina dongtaiensis*, *Bosquetina sinucostata* 等。这些介形类与同带的有孔虫共生。

(2) 浅海相(水深 15—30 米)组合带:

介形类代表属种为 *Cythereis*, 其它优势属种有 *Cythereis darwinii*, *Leguminocythereis hodgi*, *Munseyella japonila*, *Cushmanidea japonica*, *Carinocythereis* sp.。这些介形类与同带的有孔虫共生。

综上所述,将有孔虫、介形类的生态组合综合起来,依据每个相带中有孔虫、介形类的主要优势种,划分了如下的生态组合相带:

转轮虫-正星介带 (*Ammonia-Cyprideis* 带):

为河口、沼泽、近岸浅海相组合带。

五块虫、企虫-艳花介带 (*Quinqueloculina, Elphidium-Cythereis* 带):

为浅海相(水深 15—30 米左右)组合带。

陆相

(1) 湖沼相组合带-土星介带 (*Ilyocypris* 带)。

在这一组合带中,介形类以土星介、湖花介占优势,代表种为 *Ilyocypris bradyi*, *I. gibba*, *I. kaiferensis*, *Limnocythere sancti-partricii*, *Cyprinotus chiusienensis* 等。现在的土星介、湖花介,一般生活在较大的、长久性水域中,如湖泊、池塘等,并且适应于有一定流动性的水域中。对盐度的适应性也强,可生活于淡水至半咸水中。在地层中的分布,紧挨着海相层的底部和顶部,或者是在含介形类的陆相地层的中部。这一组合带反映着较大水域的陆相环境和较暖湿的气候条件。

(2) 溪流、池沼相组合带-玻璃介带 (*Candona* 带)

在这一组合带中,以介形类的种属单调,玻璃介占绝对优势为特征。玻璃介一般都生活在小的水域,如小的溪流、水塘、池沼等,可以是间歇性的,时而有水,时而干燥。由于它们生活的水域小,限制了分布的广泛性和连续性,但由于它们生活条件要求不高,适应性强,甚至小的水沟也能生活,使它们在分布上还是比较广泛的。在本区 *Candona albicans* 的出现,尤为特征。在含介形类的陆相地层中,几乎都有该种出现。从该种与其它属种共生,到其单独存在,说明了其他属种由于生活条件不适应而消失,只有该种,在寒冷、干燥的气候条件下,仍然可以生活,足见其适应性较强。其适应性强的主要原因,萨尔斯(Sars, 1928)认为是由于它的生活周期短,夏初为幼体,短时间内便发育成成体之故。

(二) “生态组合层序”的划分:

在不同的环境下,有不同的生物组合,这种在水平方向上的组合变化,称为“生态组合相带”;而在地层中,垂直方向上的变化,则称为“生态组合层序”。

“生态组合相带”反映着随生态环境的不同,生物组合在空间上的变化;而“生态组合层序”则反映了生物组合在时间上的变化。

“生态组合层序”的连续性是以连续的“生态组合相带”为依据的。在正常情况下,“生态组合层序”与连续的“生态组合相带”相一致。这在我们所分析的岩芯样品中得到了证实。

由于第四纪以来地磁极的多次倒转,气候的大幅度摆动,这样一些大的变化都连续地记录在微体古生物的“生态组合层序”变化上。(图 4)

按照上述分析,我们划分了两个组合层序:

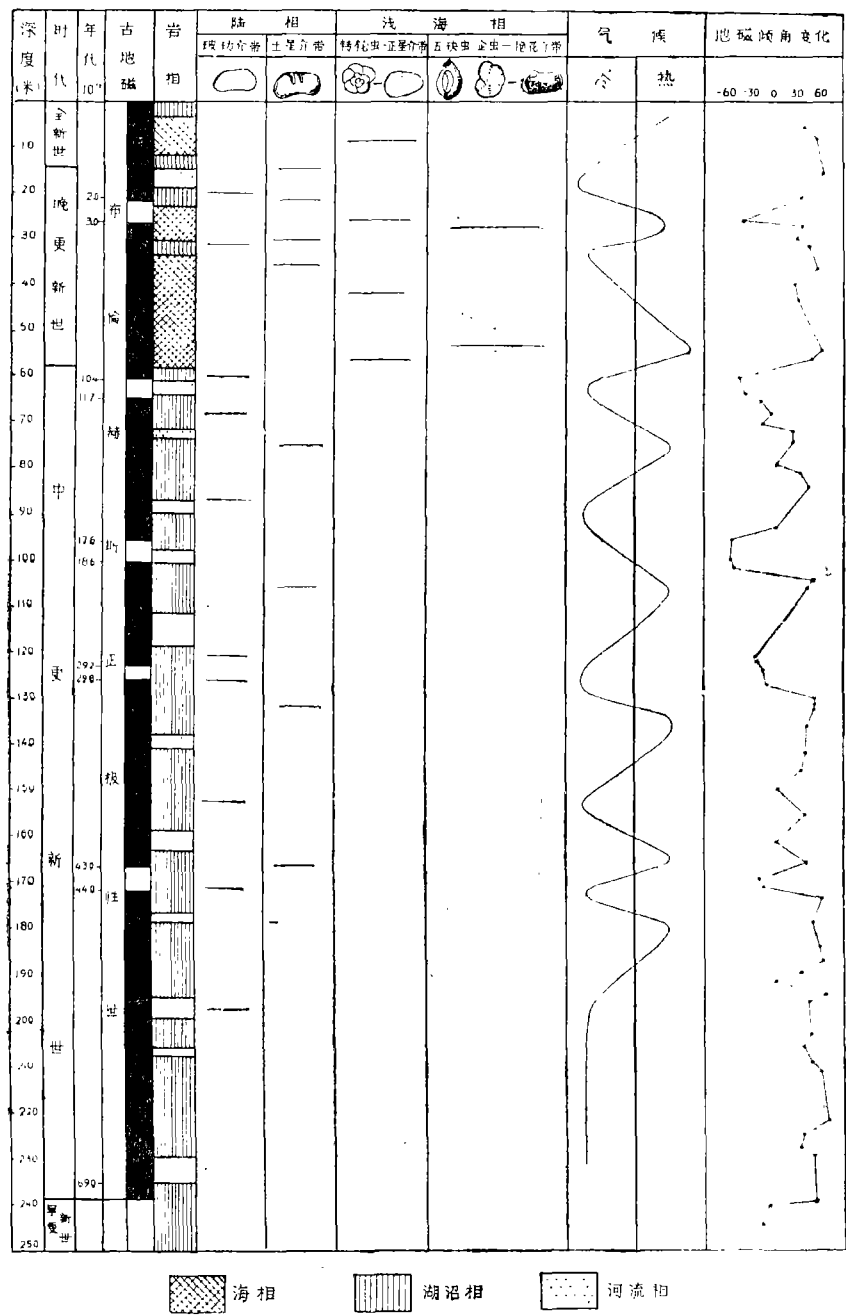


图 4 辛集孔岩相、古地磁、古生物地层柱状图

1. 海进、海退层序：这是一个从陆相→海相→陆相的地史过程。其化石组合层序(从下至上):

海进层序

Candona 带 → *Ilyocypris* 带 → *Ammonia-Cyprideis* 带 → *Quinqueloculina*-*Cythereis* 带
Elphidium

海退层序

Quinqueloculina
Elphidium - *Cythereis* 带 → *Ammonia-Cyprideis* 带 → *Ilyocypris* 带 → *Candona*

带。

上述层序反映了由于气候变暖,洋面上升造成海进,而后由于气候转冷,洋面降低,造成海退的全过程。

2. 水面升降层序: 这是在陆相环境中,从小的、间歇性水体,如水沟、溪流、池塘等,变化为大的长久性水体,如湖沼等,再变为小水体的过程。其化石层序从下至上为:

水面上升层序

Candona 带 → *Ilyocypris* 带

水面下降层序

Ilyocypris 带 → *Candona* 带

上述层序反映在陆相环境下,由于气候变暖,降水量增大,水域加深、变化,而后由于气候转冷、降水量减少,气候干燥,造成水域的减小或变浅。

二、古地磁

(一) 古地磁的测量及古地磁年表的确定

沉积物或沉积岩在形成过程中,保存着它形成时的磁场方向,沉积岩或沉积物的这种属性称为“天然剩磁”。测得样品的天然剩磁,便可以知道其形成当时的磁场强度和方向。

我们将标本经交变磁场退磁后,测量标本的天然剩磁,测量结果经过计算整理,绘成磁倾角变化表,而后制成正、反极性变化表,与考克斯编制的标准古地磁年表进行对比,便得出研究区的地磁年表。

考克斯标准年表的建立,是他综合了世界上 150 余个火山熔岩的古地磁测量及 K-Ar 法年代测定,两者相结合,编制成 450 万年以来的古地磁极性年表。这一年表不断为深海、大洋及陆地上的连续沉积的钻孔岩芯资料所证实和充实。

华北平原第四纪以来,具有长期连续沉积的特点,沉积物来源丰富,沉积速度快,是进行古地磁测量的好地区。我们所测的辛集孔,测得的极性事件不仅可与考克斯年表中的极性事件一一对应,而且在布伦赫斯正极性世中测得五次倒转,充实了考克斯极性年表,同时也证实了尼科维奇(Ninkovich, 1966)对北太平洋深海岩芯 V-20-108⁶⁶; 乌尼(Wollin, 1971) 对 V 20-108⁷¹ 孔所测得的五次短期倒转。川井(Kawai, 1972) 对日本琵琶湖 200 米沉积岩芯进行了古地磁测量,发现在布伦赫斯正极性世中,存在三次或更多的短期反极性事件,以后胜三安川等(Katsumi yaskawa, 1973; Atsuyuki mizuno, 1975) 都进一步认为存在五次短期反极性事件,可与深海钻孔岩芯发现的五次倒转相对应。五次反极性事件对比表如下页表。(表 1)

(二) 地磁极倒转与古生物的关系

用古生物确定地层的时代是相对的,有一定的局限性。在含化石的沉积物中,又难以应用放射性元素进行年代测定。现在,随着古地磁学科的发展,已经能够通过对沉积物自然剩磁的测量,对比标准的地磁年表,而得到比较确切的年代数据。这样就弥补了古生物

表 1 布伦赫斯正极性世中五次短期反极性事件对比表

辛集孔(米)	琵琶湖(日本)(米)	V20-108 ⁷¹ (厘米)	事件年代 × 10 ⁴ 年	事件名称
21—26.05	约 10 米	5—15	2—3	拉斯钱普琵琶湖 A
60—65	50—55	115—120	10.8—11.4 10.4—11.7	布来克琵琶湖 B
96—112	80—85	195—205	19.8—21.5 17.6—18.6	牙买加琵琶湖 C
123—126	130—132	300—310	29.3—31.1 29.2—29.8	里汶廷琵琶湖 D
167—172	约 160	440—455	43—44	海兴琵琶湖 E

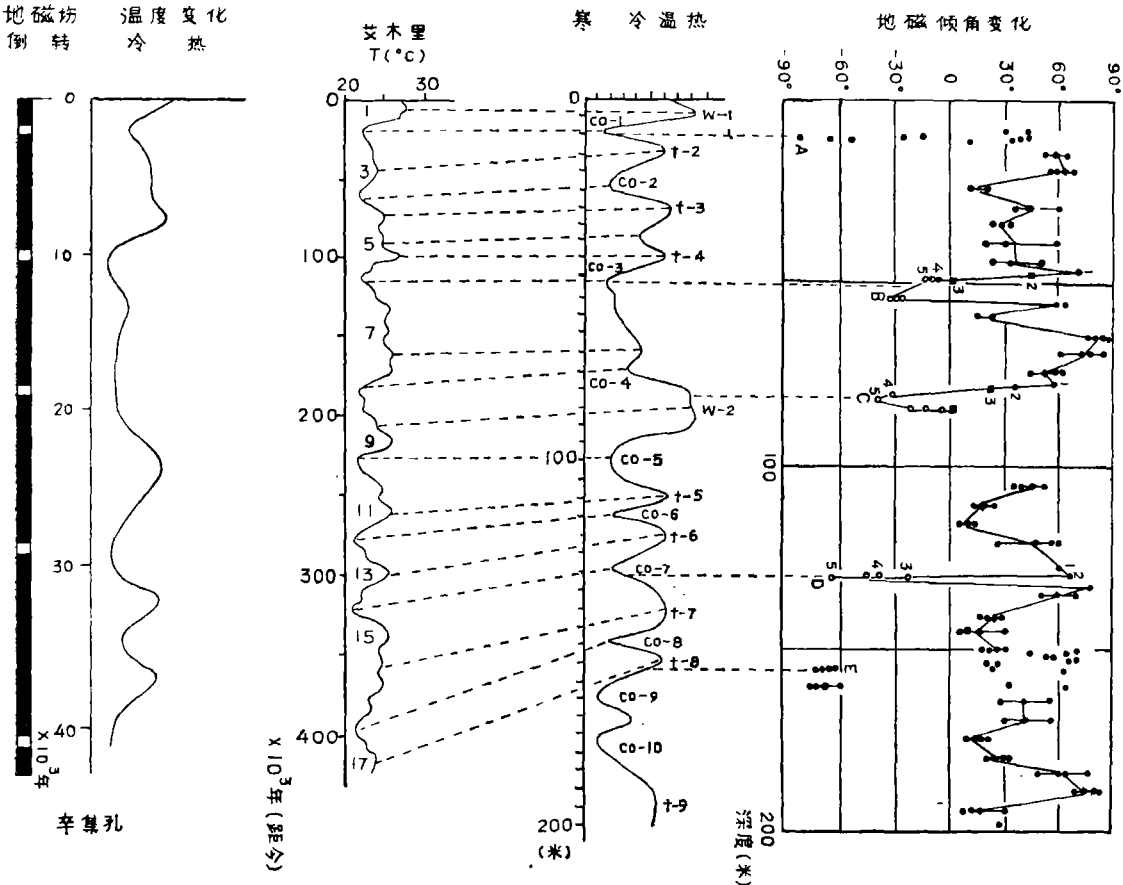


图 5 古气候、古地磁关系对比图

的不足。

地磁地层学已被古生物工作者所重视和应用，这不仅在于它可以给予沉积地层以较为确切的年代数据，而且更在于生物的演化和更替与地磁极的变化存在明显的关系。太平洋中的钻孔分析表明：某些生物种类的灭绝时期是与地磁极由反转正的时期相对应。

分析结果,有 7 种有孔虫、2 种放射虫和硅藻都在接近反向时灭亡的。特别在松山倒转极性世中的奥尔多维正极性事件末期更为明显。因此,很多学者都把更新世与上新世的界线划在奥尔多维短期正极性事件附近。研究结果还表明:在布伦赫斯正极性世中,存在五次短期的地磁极倒转,与此相对应的气候上的五次冷期,这为日本琵琶湖 200 米岩芯的孢粉分析,及艾木里所做的古温度曲线所证实。在我们所分析的辛集孔中,微体古生物的组合变化恰好也说明了这一点。随磁倾角由正变负,气候变冷,生物种属数量减少,生态组合带产生更替。表现出明显的周期性,其周期时间大约为 10 万年左右。(图 5)

关于地磁极倒转对生物的影响,现在仍处于假设阶段。目前有两种常被引用的解释:一是以乌费恩(Uffen, 1963)的观点为代表,认为在地磁极倒转过程中,存在着这样一个时期,偶极子磁场强度减弱到零,这样宇宙射线,日射微粒流(Solar wind)直接射到失去磁场保护的地球,从而造成生物的变异和更替。第二种假设是以哈利恩(Harrison, 1968)的观点为代表,认为地磁极倒转影响气象因素,如影响大气层上层的温度和电离层“F”层的风速等,同时,由于地磁场的移动,宇宙射线的影响,使电离作用增强,这样一些因素造成了气候的变化,从而影响生物。这些问题都有待于进一步的研究,这种研究不仅是为了认识过去,而且现今的人类也正处在地磁极的变化和气候变化之中,因而这种研究就尤其显得重要。

三、放射性碳年代测定

我们对南排河孔中的三个泥炭层样品进行了 C^{14} 年代测定¹⁾,其结果如下:

1. 泥炭层: 14.72 米—14.87 米,层厚 0.15 米

植物残体,大部分已经碳化,在底部可见植物的叶和茎,为草本植物。

结果为: $8,590 \pm 170$ 年

2. 泥炭层: 15.83 米—16.11 米,层厚 0.28 米,岩性同上。

结果为: $9,650 \pm 190$ 年

3. 泥炭层: 40.50 米—41.50 米,层厚 1 米

中夹灰褐色粉砂质粘土薄层。植物残体较少,含碳量不高。

结果为: $>32,000$ 年。

四、古气候与古地理

本文所讨论的古气候变化,古地理变迁,主要是依据微体古生物的分析,它们的分布主要集中在布伦赫斯正极性世(Brunhes normal epoch)距今 69 万年以来的地史时期中,即中更新世以来。地层分布,在本区一般为 - 250 米以上。海相地层,则集中于布拉克短期反极性事件之后,距今大约 10 万年以来,即晚更新世、全新世地史时期中,地层分布在本区一般为 - 80 米以上。

(一) 中更新世

中更新世,根据古地磁年表,确定在距今 69 万年至 10 万年之间,即布伦赫斯正极性

1) C^{14} 测定由中国科学院地质研究所做。

世的底界,至布拉克短期倒转事件结束,地层分布于—250米—80米左右。岩性特征为棕黄色、黄棕色、灰黄色粘土质粉砂,粉砂质粘土,粘土互层,属陆相、湖沼相、河流相沉积。根据介形类的生态特征及在地层中的分布规律,结合古地磁测量资料,确定了冷期、暖期。由 *Subulacypis* → *Candona* → *Ilyocypris*, *Limnocythere*, *Cyprinotus* 等,这样从下至上的组合层序反映了气候由冷转暖的过程,也即是由冰期转变为间冰期的过程。我们将土星介,湖花介,美星介等大量出现的层位,确定为暖期(间冰期)沉积,而在仅有锥形介或白玻璃介出现的层位,确定为冷期(冰期)沉积。根据我们所分析的岩芯资料,结合其他单位的分析成果,暖期组合大致分布于—100米左右;—130米左右;—176米左右,可能分别相当于里斯-民德间冰期;民德-恭兹间冰期;恭兹-多脑间冰期。冷期的典型地段为—87米左右,—117—129米左右,—145米左右,—180米以下,可能分别相当于里斯冰期,民德冰期,恭兹冰期,多脑冰期。这样的冷、暖变化,大约以10万年为周期。这一分析结果与日本琵琶湖200米深孔的孢粉分析结果很接近。

(二) 晚更新世至全新世

1. 沧州海侵

布拉克短期倒转事件结束以后,气候变暖。在世界范围内,里斯冰期结束,大量冰川融水又重新返回海洋。大约在距今102,000年左右,海水侵入渤海,并逐渐向华北平原推进。世界气候进入了里斯-玉木间冰期,大约在距今85,000年左右,海水到达沧州附近。微体古生物的变化以南排河孔为例,从玻璃介带,向上过渡为土星介带—转轮虫—正星介带—五块虫、企虫—艳花介带。这些生态组合带所构成的组合层序,不仅说明了海进的过程,同时也反映了气候变暖的过程。水平方向上的分布变化,西部沧州孔以转轮虫—正星介带为特征,有孔虫除转轮虫属占优势外,尚有多变假小九字虫,含量为5.9—13.6%,多角口室虫含量为0.3—0.4%,而属于五块虫—企虫带中的瓷质有孔虫没有出现,介形类则以正星介,弯背介占优势,而艳花介没有出现,可见当时的沧州处于海岸附近。向东,高湾孔,南排河孔有孔虫为五块虫—企虫—艳花介带组合,最明显的变化是出现了瓷质有孔虫、五块虫、抱环虫等,介形类出现了艳花介。

值得指出的是,在这一海相地层中,含有孔虫 *Pseudorotalia schroeteriana*, 软体动物 *Chione isabelia*, *Murex* sp., *Oliva* sp. 等,上述生物现仅生活于我国江浙以南海域,那里的年平均水温在18°—20℃以上,这说明华北平原当时曾具有热带、亚热带气候特征。沧州海侵地层,在华北平原地区埋藏深度为—74.0(43.2)米,至—56.2(37.8)米。沉积物由黑色,黑灰色粉砂质粘土,粘土质粉砂和灰黄色粉砂质极细砂组成。从下至上,粒径有细—粗—细—粗的变化。共含有孔虫28种,海相介形类15种,个体数量繁多。地层厚度最大为25.7米,最薄为3.6米,从东向西变薄。由南排河孔17.8米,至沧州孔变为4.8米,然后在沧州市以西的谢官亭附近尖灭,为河流相沉积所代替。由南向北变薄,再向北,厚度有所回升,至天津市东郊附近,又逐渐加厚。

2. 沧州海退

大约距今70,000年左右,世界气候逐渐变冷,间冰期气候结束,玉木冰期逐渐来临,世界洋面降低,海水退出本区。海相有孔虫,介形类等消失,仅见有白玻璃介出现,表明渤海又重新为小水域的溪流、河沼相所代替,沧州海退形成的地层埋藏深度为—56.2米

(37.8)—40.5(25.1) 米。以灰黄色粘土质粉砂为主, 中夹灰黄色粗粉砂薄层, 顶部为泥炭层。粒级变化不大, 厚度在 12—22 米之间, 沧州海退大约在距今 39,000 年前后结束, 然后形成献县海侵。

3. 献县海侵

献县海侵前夕, 本区气候随着世界性气候转暖, 而逐渐形成了有利于泥炭发育的沉积环境, 大约在距今 39,000 年左右, 海水再度进入华北平原, 沉积环境变为海相环境。大约在距今 35,000 年左右, 海侵达到最大范围, 超过了沧州, 到达西部的献县附近, 故称为献县海侵。本次海侵形成的地层中, 微体古生物组合变化, 仍然是由玻璃介带→土星介带→转轮虫-正星介带→五块虫、企虫-艳花介带的生态组合层序, 反映了一个完整的海侵过程和气候转暖的变化, 水平分布上, 这三个孔中, 有孔虫、介形类基本上属于五块虫、企虫-艳花介带组合。西部沧州孔, 尽管含有多变假小九字虫, 占 0.1—1.3%, 多角口室虫, 占 0.1—0.3%, 介形类中正星介等, 这些转轮虫-正星介带的组分, 但属于五块虫、企虫-艳花介带的五块虫、抱环虫等含量可达 10% 以上, 向东, 至高湾孔, 南排河孔, 瓷质有孔虫的含量可达 20—40%。介形类以艳花介为代表, 三孔均有出现, 含量可达 10—20%, 可见这次海侵规模要比沧州海侵为大。

献县海侵沉积地层的埋藏深度为 - 40.5(25.1) 米—27(6.2) 米, 下部为灰黑色-灰褐色, 上部为黄褐色-灰黄色粉砂质粘土, 粘土质粉砂互层。底部与顶部分别为粘土质极细砂和粗粉砂。粒径从下向上, 有粗—细—粗的变化, 本次海侵地层中含有孔虫 43 种, 海相介形类 15 种, 个体数量繁多, 组合面貌与现今渤海相似。年平均水温在 10℃ 左右。值得提出的是, 根据大洋深孔的 O^{18}/O^{16} 古温度测量表明, 这一时期气温有所提升, 但不会超过前次海进时期的温度。在本区, 通过微体古生物的分析证明了这一点, 但这次海侵的规模却比前一次要大, 这一问题值得进一步研究。这次海侵大约在距今 29,000 年前后结束, 而进入玉木冰期最盛时期。

4. 献县海退

在献县海退中, 海水退出本区的年代, 经估计大约在距今 29,000 年左右, 不久地磁极发生了一次短期倒转事件, 称为拉斯钱普事件, 其时间距今 30,000—20,000 年。此时正值玉木冰期最盛时期, 世界洋面大幅度下降, 一般认为下降 - 130 米左右, 造成现在大陆架出露, 接受陆相沉积。微体古生物中, 仅见有白玻璃介的零星分布说明当时的气候寒冷。岩性特征为黑灰-灰褐色粘土质粉砂为主, 顶部为泥炭层, 粒度变化不大。岩层具有水平层理, 以湖沼相为主。顶部发育的 1—2 层泥炭层分布广泛, 具有地层对比意义, 同时也反映出气候转暖, 新海侵即将来临的气候条件。该陆相地层埋藏深度为 - 27(16.2) 米, - 14.7(4.0) 米, 沉积厚度自东而西逐渐增厚, 南北方向变化不大。

大约在距今 15,000 年时, 玉木冰期最盛时期结束, 世界气候再度变暖, 冰川后退, 海面升高, 在海水将要到达的区域形成泥炭, 一旦海水侵入, 泥炭层形成终止。我国渤海海底的泥炭层及华北平原下部的泥炭层, 多为这一时期所形成。玉木冰期结束、新的海侵来临。

5. 黄骅海侵

根据南排河孔 14.72—14.87 米泥炭层的 C^{14} 测量结果为 $8,590 \pm 170$ 年, 可作为海水

浸入华北平原的最早时间。黄骅海侵即冰后期海侵,这次海侵规模最大的时期,大约在距今 7,000—5,000 年左右,一般称为气候最佳期,海面较现今高出 2—3 米左右,因此海水曾到达黄骅、静海、天津一带。然后,气候转冷,最佳期结束,海水逐渐后退至现今岸线。微体古生物组合变化,垂直方向上仍然表现为由玻璃介带—土星介带—转轮虫—正星介带这样一个海进层序。水平方向的分布,沧州孔没有接受海相沉积;高湾孔微体古生物组合属于转轮虫—正星介带,其中,缝裂假穹背虫占 11.0%,多变假小九字虫占 11.0%,多角口室虫占 7%,属于五块虫,企虫—艳花介带的瓷质有孔虫没有出现。介形类以正星介占优势,而艳花介没有出现。南排河孔,仅在海相层下部,相当于气候最佳期时,有五块虫、企虫—艳花介的组分出现。其中以五块虫占优势,含量为 15—43%,介形类艳花介含量为 13.3%;向上变化为转轮虫—正星介带组分。其中多变假小九字虫占 30%,多角口室虫占 3.8%,介形类中,艳花介消失,而淡水玻璃介却有出现。从下至上的组分变化,反映海岸后退,淡水影响加强。该海相层埋藏深度为 14.7(9.5) 米—5.0(2.0) 米。岩性为黑灰色粘土质粉砂,粒度变化不大,具微波状层理。本期地层中含有孔虫 18 种,海相介形类 12 种,基本上与现今渤海组分相同。

五、结 论

(一) 微体古生物(有孔虫、介形类)其空间分布,随生态环境不同,生物组合表现出明显的分带性;在时间上的分布,则以“组合层序”出现。“生态组合层序”与“生态组合相带”的顺序相一致。这种变化的原因,在本区,中更新世以来,主要由于气候变化所造成。

(二) 第四纪以来,本区仅在晚更新世至全新世见有三次海侵。这一分析结果与世界性的洋面变化资料,古温度、古气候资料,年代测定资料及古地磁测量资料相一致。

(三) 布伦赫斯正极性世(距今大约 69 万年)以来,曾发生五次短期地磁极倒转事件。地磁极的短期倒转,古气候周期性摆动,微体古生物组合周期性更替等,上述变化大约以 10 万年为周期。

参 考 文 献

- 小林和男, 1970: 深海底物质的磁性。海洋科学(日), 第 2 卷, 第 2 期。
何炎等, 1965: 江苏东部第四纪有孔虫。中国科学院地质古生物研究所集刊第 4 号, 科学出版社。
赵松龄等, 1978: 关于渤海湾西岸海相地层与海岸线问题。海洋与湖沼, 第 9 卷, 第 1 期。
Evans, P., 1972. The present status of age determination in the Quaternary, 24th IGC, 1972 section 12. p. 16—21.
Fuji, N., 1975. Climatic change of the Wisconsin stage in Japanese Island from the viewpoint of palynological research, in PALEOLIMNOLOGY OF LAKE BIWA AND THE JAPANESE PLEISTOCENE (Shoji Horie) vol. 3, p. 321—329.
Harrison, C. G. A., 1963. Evolutionary processes and reversals of the earth's magnetic field. Nature vol. 217, p. 46.
Sars, G. O., 1928. Crustacea of Norway, vol. 9.
Staplin, F. L., 1963. Pleistocene Ostracoda of Illinois, Journal of Paleontology, vol. 3, no. 4.
———, 1963. Pleistocene Ostracoda of Illinois, Journal of Paleontology, vol. 3, no. 6.
Tressler, W. L., 1959. Ostracoda. in FRESH-WATER BIOLOGY? second edition (W. T. Edmondson).
Uffen, 1963. Influence of the earth's core on the origin and evolution, Nature, vol. 198, p. 143.
Yaskawa, K., 1974. Reversal, excursions and secular variations of the geomagnetic field in the

Brunhes Normal Polarity Epoch. in PALEOLIMNOLOGY OF LAKE BIWA AND THE JAPANESE PLEISTOCENE. (Shoji Horie) second issue.

(1978 年 5 月 8 日收到)

MIDDLE PLEISTOCENE PALEOECOLOGY, PALEOCLIMATOLOGY AND PALEO GEOGRAPHY OF THE WESTERN COAST OF POHAI GULF

Cang Shu-xi, Zhao Song-ling, Zhang Hong-cai, Huang Qing-fu

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

Abstract

The Middle Pleistocene microfaunas (foraminifera and ostracoda) from the western coast of Pohai Gulf are here studied. From the palaeoecological viewpoint, belts of ecological assemblages may be distinguished geographically, and sequences of ecological assemblages may be recognized stratigraphically. Biostratigraphical approaches, C^{14} dating and paleomagnetic method have been employed to assess the age of stratigraphic units, to permit the world-wide correlation and to reconstruct the paleoclimatology and paleogeography of this area.