

最末一次冰期的黄海

——黄海古地理若干新资料的获得及研究

徐家声 高建西 谢福缘

(国家海洋局第一海洋研究所)

摘 要

本文对黄海最末一次冰期中形成的沉积物进行了研究,发现黄海古地理环境变化比较复杂。从新发现的泥炭和贝壳沉积层,反映黄海曾有三度裸露成陆,并在黄海最末一次冰期的早期陆相层中,首次发现了海相层。根据柱状沉积物中古地磁极性变化的发现、时代的确定与泥炭层 C^{14} 测年数据等资料,初步建立了黄海自然环境变化图式的编年顺序。

第四纪最末一次冰期的始末时代,多数地质学家认为应是距今 7—1 万年左右。国外对最末一次冰期研究十分重视,特别是近年来对在海洋中获得的较为完整的最末一次冰期沉积物的研究,使地质学家耳目一新。欧美学者,目前已在太平洋、大西洋、地中海等水域,广泛开展最末一次冰期的研究。我国也于 1976 年开始比较系统地对黄海进行了研究。

在黄海多处发现泥炭层和贝壳层的基础上,通过 C^{14} 和古地磁测量,通过微古、孢粉、化学、重矿物、粘土矿物、粒度等分析研究,绘制了黄海在最末一次冰期时的自然环境变化图式。

一、海相层的特征及其海侵范围

近年来,从取得的近百个黄海沉积物柱状样中,选择十几个有代表性的晚更新世末期沉积物柱状样品(图 1,2),进行了分析研究。从图 2 可见,柱状样的岩性变化复杂,在海相、陆相和海陆过渡相的沉积环境中形成了沉积物^[1]。

黄海最末一次冰期沉积物中,有三个不同时代的海相层。

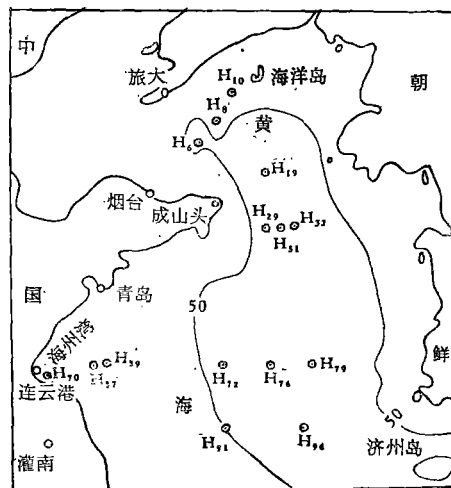


图 1 黄海沉积物柱状样站位分布图

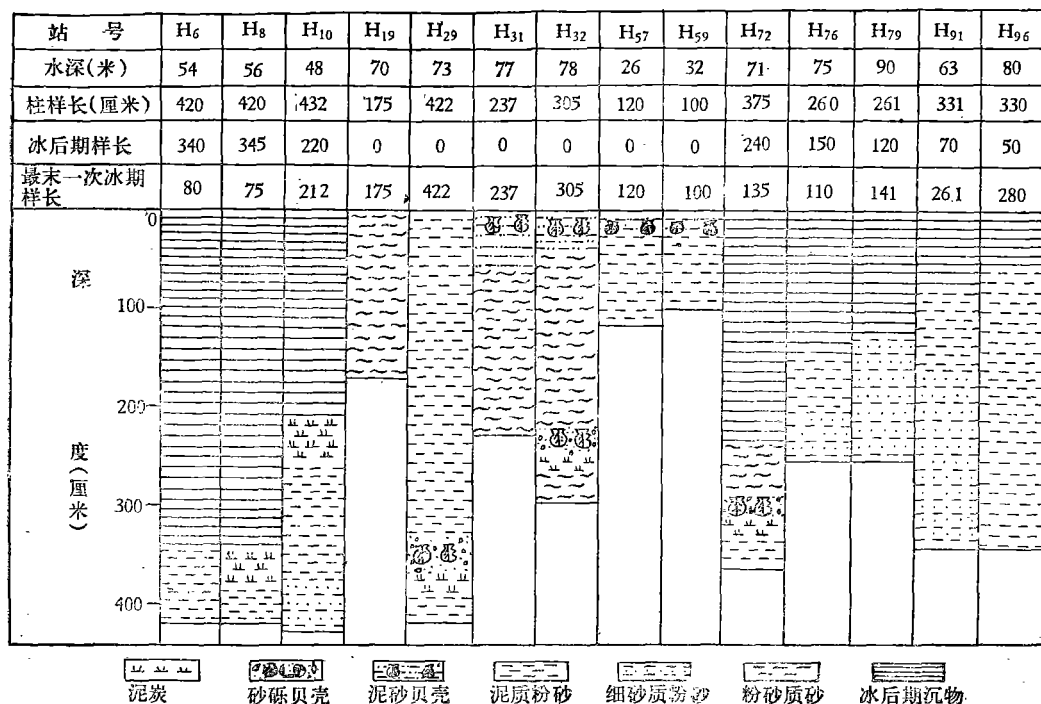


图2 最末一次冰期黄海沉积物柱状样岩性图

(注: 符号说明中,“粉砂质砂”应为“粉砂质泥”,冰后期沉积物”应为“冰后期沉积物”)

1. E 层(下海相层)

该层以 H₃₂ 号站柱状样最为典型, H₇₂ 号和 H₂₉ 号站都有 E 层出现。在 H₃₂ 号站 E 层深度为 2.6—3.0 米, 厚度为 40 厘米。E 层沉积物为浅黄色的粉砂质泥, 含有植物茎、叶碎片, 明显受到强烈氧化作用的影响。通过微体古生物的分析, 发现其中含有大量有孔虫、介形虫化石。有孔虫主要有毕克卷转虫变种 (*Ammonia beccarii* Var.)、暖水卷转虫 (*A. tepida*)、霜粒希望虫 (*Elphidium nakano-kawaense*)、亚易变筛九字虫 (*Cribrononion subincertum*) 等。还出现个别浮游类的三叶拟抱球虫 (*Globigerinoides triloba*)。介形虫主要是中华丽花介 (*Sinocytheridea* spp.) 诸种。这一生物埋葬群反映的水深在 20 米左右的典型滨海相沉积环境。孢粉以草本的藜科 (*Chenopodiaceae*)、蒿属 (*Artemisia* sp.) 花粉居多。木本花粉以松属 (*Pinus* sp.) 含量最高。喜暖的阔叶落叶树花粉栎属 (*Quercus* sp.)、榆属 (*Ulmus* sp.) 也很丰富, 反映森林草原的植被景观, 显示了温暖气候特征。通过对 H₂₉ 号和 H₇₂ 号站柱状样的古地磁测量, 发现本层最下部存在一个反极性条带, 其下限时代约为距今 69,000 年¹⁾。本次海侵范围较小, 海相层的厚度较薄, 估计这一次海侵的时间不长。世界上许多地区这一次海侵的时间终止于 60,000 年, 因而, 本层上部的年代应为 60,000 年, 也就是这次海侵经历的时间为距今 69,000—60,000 年。

这次海侵的范围究竟有多大呢? 上面已提到这一海相层的有孔虫、介形虫埋葬群反映的水深只有 20 米左右, 发现这一海相层的 H₃₂ 号、H₂₉ 号和 H₇₂ 号站目前水深均在 70 多米, 这就是说本次海侵的波及范围只能达到现代黄海 50 米等深线附近。在连云港水深 10 米左右的 H₇₀ 号站中, 在黄海滨岸平原的太仓—盐城—灌南一线的第四纪钻孔中都未能找到这一海相

1) 文中所提的古地磁反极性事件的年代, 为国家地震局地质研究所和我所古地磁实验室提供。

层。这次海侵的范围只局限在海州湾以东的海区,所以,本次海侵可称为海州湾海侵。海州湾海侵形成的海相层,在黄海是首次发现。

2. C 层(中海相层)

黄海最末一次冰期中C层(中海相层)的分布十分广泛,皆由青灰色的泥质粉砂和粉砂质泥所组成,厚度多在1米左右,含多量贝壳及贝壳碎片。 H_{29} 号和 H_{72} 号站的下部是砂砾贝壳层,软体动物的贝壳占沉积物总量的80%左右,壳体破碎,风化甚烈,主要软体动物种属如:长牡蛎(*Ostrea gigas*)、密鳞牡蛎(*Ostrea denselamellosa*)、僧帽牡蛎(*Ostrea cucuclata*)、白樱蛤(*Macama* sp.)、兰蛤(*Aloidis* sp.)、稜蛤(*Trapezium liratum*)、多形核螺(*Pyrene variana*)、笋螺(*Terebra* sp.)、蚶(*Arca* sp.)等。这些软体动物皆生活在0—10余米的滨海、潮间带附近。因而含有丰富软体动物贝壳的砂砾贝壳层的出现,提供了一个稳定海相层的确凿证据。随着气候变暖,水深加大,使得上述适应滨海生活环境的软体动物消亡。滨海—潮间带的砂砾贝壳层,由反映浅海环境的泥质粉砂所覆盖。从本层中有孔虫、介形虫的分析,发现从下向上海水的深度有一个从滨海相—浅海相—滨海相的波动过程。在下段砂粒贝壳层中有孔虫、介形虫埋葬群以毕克卷转虫变种——中华丽花介为主,与软体动物化石一样反映潮间带—滨海环境。中段有孔虫、介形虫化石十分丰富,分异度 $H(s)$ 出现高值,以结缘寺卷转虫(*Ammonia ketienziensis*)、压扁卷转虫(*Ammonia compressiuscula*)、具缘小泡虫(*Bulimina marginata*)、塔斯曼管九字虫(*Pacinionion tasmanensis*)、缝裂希望虫(*Elphidium magellanicum*)、三蒲翼花介(*Cytheropteron miurense*)、中华半翼花介(*Hemicytheropteron sinensis*)、隐艳花介未定种(*Occultocythereis* sp.)等为主,属浅海相的沉积环境。到上段又出现毕克卷转虫变种——中华丽花介的埋葬群。南北黄海之间还存在差异。在南黄海 H_{91} 号站出现半咸水河口种精美直小希望虫(*Rectoelphidiella lepida*)等有孔虫,反映河口三角洲相的沉积环境,而在 H_{32} 号站以北的地区,则仍为滨海相沉积环境。

这一海相层底部的砂砾贝壳层直接与其下的泥炭层接触,对 H_{29} 号和 H_{72} 号站柱状样的泥炭层进行 C^{14} 测年,其数据为 $>36,000$ 年。在泥炭层内有一个50,000—40,000年的古地磁反极性条带,将 C^{14} 和古地磁这两个测年数据结合起来考虑,并根据世界上这一海相层的形成时代多数在40,000余年,因而把中海相层的下限定在42,000年。这一海相层上部出现距今20,000—30,000年的古地磁反极性条带,并与这一事件的末期30,000年时沉积层的位置相当,因而这一海相层的上限可定为30,000年。形成于距今42,000—30,000年的这一海相层分布普遍,在靠近连云港水深10米左右的 H_{70} 号站同期地层中,发现有丰富的有孔虫化石,并有喜暖的大洋浅水种施罗德假轮虫(*Pseudorotulia schroeteriana*)出现。在如今的苏北平原太仓—盐城—灌南一线的许多钻孔中都发现这一海相层,可见这次海侵的范围波及很广,最远可达江苏省灌南县。因此,可称这次海侵为灌南海侵。

3. A 层(上海相层)

黄海在最末一次冰期最盛期完全裸露成陆,成陆期大约延续了10,000年。在距今15,000年时海岸线,已后退到东海150—160米等深线附近,达到东海大陆架外缘^[2]。从距今15,000年以后,最末一次冰期的全盛期造成的气候最冷期结束,气候逐渐回暖,冰川融化,海水从东海再度进入黄海,形成分布在朝鲜济州岛西北侧沿70米等深线展开的海相层,称为上海相层。而小于50米水深的水区,仍然为陆相沉积,这已由分布在50米等深线附近的年龄为12,400年

的海洋岛陆相或滨海相泥炭层所证实,因而上海相层分布的界线就在 50 米等深线附近。这次海侵在济州岛西北的 70—80 米等深线附近的黄海海槽区表现最为明显,海侵层最为发育,所以,可称这次海侵为济州岛海侵。

济州岛海侵开始于距今 15,000 年,发生在黄、东海最大海退之后,一直延续到晚更新世最末期 12,000 年。这次海侵形成的海相层为青灰色的富含有机质的泥质粉砂层或含泥砂贝壳层。沉积物中所含有孔虫及海相介形虫较丰富,但种属比较单调。出现以毕克卷转虫变种、中华丽花介为主的埋葬群,这反映出水深只有 20 米左右的滨海沉积环境。孢粉组合以草本花粉为主,水生植物香蒲 (*Typha* sp.)、黑三棱 (*Sparganium* sp.) 花粉含量较高,反映当时海域周围为潮湿的沼泽、湿地环境。木本花粉含量增高,阔叶树花粉增多,反映出气候由冷向暖变化。另外,在成山头东侧海区取样时获得了十分丰富的软体动物的贝壳,其中以瓣鳃类和腹足类化石为主,由这些化石组成的贝壳层与中海相层底部的砂砾贝壳层不同,它所含的泥质成分较多,砂砾成分减少,所以称为泥砂贝壳层。再从贝壳层的组成来看,两者也有较大差别,最突出的不同之点在于本层中的贝壳层以近江牡蛎 (*Ostrea rivularis*) 和兰蛤为主,而它们最适宜生长在咸淡水交汇的河口滨海区。含泥砂贝壳层是一个稳定的沉积层,从 H₂₉ 号站往东直至 H₃₂ 号站的东侧,绵延达几十公里之远。形成于距今 15,000—12,000 年期间的含泥砂贝壳层的发现,更进一步反映当时的黄海在东南部是一个有江河注入的滨海三角洲沉积环境。

二、陆相层的特征及其标准层的确定

黄海在全球最末一次冰期中,随着大陆冰盖扩大,相应地发生大海退,以至数度裸露成陆。

1. F层(下陆相层)

这是一个含块状泥炭的灰黑色泥质粉砂层。有机质含量十分丰富,淡水贝壳碎屑较多。孢粉中的木本花粉含量很低,只占 3%,有柳属 (*Salix* sp.)、松属等。草本花粉含量高达 97%,其中以莎草科 (*Cyperaceae*)、蒿属、藜科为主。这一孢粉组合反映的植被适于潮湿沼泽环境,特别是适于生长在沼泽的莎草科花粉含量高达 60%。明显地反映出沼泽广布、草原茂盛、林木稀疏的植被景观。

沉积物中发现纯净小玻璃介 (*Candoniella albicans*)、舒氏小玻璃介 (*C. suzini*)、邱县美星介 (*Cyprinotus chiuhsienensis*) 等大量淡水介形虫化石群。此外还有较多淡水螺和腹足类的口盖,显示海相的有孔虫化石完全消失,表明本层为典型的陆相层。这一陆相层处于最末一次冰期形成的黄海沉积层的最下部,形成时代应早于 E 层(下海相层)的形成时代——69,000 年。对比日本和波罗的海等地最末一次冰期的下限年代^[3],把本陆相层的形成时代确定为 72,000 年左右。

黄海在距今 72,000 年前后,受冰期寒冷气候的影响,海平面大幅度下降,海水最少已退到现今海平面以下 80 米附近 (H₃₂ 号站水深 78 米,加上该层的埋深 3 米)。黄海平均水深为 44 米,超过 80 米水深的水区仅分布在黄海东南端。从 H₃₂ 号站可见在 72,000 年左右时黄海大部分裸露成陆,这与世界上广泛存在的早玉木冰期的寒冷气候造成的大范围海域陆化形势颇为一致^[4]。这次海退的反映,以成山头东侧的海域最为明显,称之为成山头早期海退,所形成的含块状泥炭的泥质粉砂层是最典型的陆相层,可称为成山头早期泥炭层。

2. D 层(中陆相层)

本层的标志为发育良好的泥炭层。在 H_{72} 号和 H_{29} 号站柱状样中本层以泥炭为主,其下部为泥质粉砂或粉砂质泥,泥炭上覆砂砾贝壳层,反映了从陆相突变为海相的接触关系。本层泥炭厚度变化在 3—40 厘米之间,泥炭厚度最小的是 H_{32} 号站,只有 3 厘米。本层陆相生物化石极为丰富,主要种为纯净小玻璃介、舒氏小玻璃介,占介形虫总数 55%。此外,还有邱县美星介、盐城丽星介 (*Cypria yanchengensis*)、土星介 (*Ilyocypris* sp.) 等陆相介形虫。其它陆相化石还有淡水螺、轮藻、植物果核、刺合虫 (*Centropxis* sp.) 及大量植物碎屑。孢粉含量十分丰富,以适于盐生、潮湿的沼泽环境的植物花粉为主,如莎草科、蒿属等。木本花粉以灌木状的桦属 (*Betula* sp.) 为主,木本花粉的含量在 5—10% 之间。这种花粉组合反映的植被为森林稀疏的草原,气候较冷湿。特别是 H_{29} 号站和 H_{72} 号站在本层上部出现较多广盐性毕克卷转虫变种,与孢粉反映的潮湿盐生沼泽环境一致,都反映有海水的影响。由此可见,海岸线位置就在水深 70 多米附近摆动。根据 H_{29} , H_{72} , H_{32} 号等站的水深 75 米及泥炭层埋深 3 米左右得到了陆相层,显示的海退幅度最小为 75—80 米。本层泥炭形成时代为 42,000 年左右,这就表明在 42,000 年前后海岸线在 70—80 米等深线附近有过停顿,使得泥炭层有了形成和发育的条件。因为本层中的泥炭层在成山头以东海域最为发育,所以,可把这一泥炭层作为成山头晚期海退的典型陆相层。成山头早期海退与成山头晚期海退均属早玉木冰期,两者发生的时代不一,而海退规模和古地理环境却比较相似。

3. B 层(上陆相层)

本层沉积物(主要以北黄海的 H_8 和 H_{10} 号站为代表)为厚达 40 厘米的泥炭层。泥炭呈灰褐色,含丰富的植物茎叶碎片。有机质含量达 12%, pH 值为 8.5 左右,分解度中等。 H_{19} , H_{57} , H_{59} 和 H_{76} 号站柱状样本层为厚约 1 米的灰黄色的粉砂质泥沉积层。沉积物中仅含个别有孔虫化石,而反映陆相沉积环境的小玻璃介 (*Candoniella* sp.) 等介形虫却较多出现,南黄海 H_{79} 号站出现淡水湖相盘星藻 (*Pediastrum*),说明该层为黄海裸露成陆时形成的陆相沉积物。 H_8 号站泥炭层 C^{14} 测年的数据为 $12,400 \pm 200$ 年。这一泥炭层是黄海在最末一次冰期的最盛期结束以后,气候刚开始返暖,海面回升在 50 米水深处形成的。在 H_{10} 号站的泥炭层中有半咸水的未定种雅得虫 (*Jadammina* sp.) 出现,反映海水已对其产生影响。这有力地证明黄海在 $12,400 \pm 200$ 年时,古岸线就在 50 米等深线附近。

这一时期的陆相沉积物中的孢粉,以莎草科、藜科、蒿属、香蒲属、黑三稜属等盐生和水生的草本花粉为主。木本花粉以松、柏 (*Cupressaceae*) 为主。 H_{32} 号站柱状样本层内发现较多的云杉 (*Picea* sp.) 花粉,占花粉总量的 7%。通过对黄海现代沉积物的孢粉分析,很难找到云杉花粉,这说明要从长白山和兴安岭把云杉花粉吹进黄海是相当困难的。而在黄海最末一次冰期,云杉林生长的下限从长白山和兴安岭下降到沿海丘陵或平原地带,下降的幅度达 1,500 米左右。按照气温的垂直梯度变化率 $0.5^\circ\text{C}/100$ 米计算,1,500 米的高差,气温要差 7.5°C 。可见全球出现的玉木冰期最盛期时,黄海寒冷期的气温要比今日气温低 7.5°C 左右,说明当时气候十分寒冷。

由于当时黄海气候寒冷,所以阔叶树花粉稀少,仅有少量的栎属、榆属、桦属等。本层有些地点出现较多的云杉花粉,与我国北方河谷平原地区在晚冰期最盛期出现的以云杉、冷杉为主的孢粉组合较为相似。黄海当时虽然裸露成陆,然而因其是海水退却不久的“新大陆”,具有较高的盐碱度、较高的地下水位和极为平坦的地势(平均坡降 $1'21''$),气候冷湿,流水不畅,湖沼

发育等特殊自然条件,特别有利于盐生和水生的草本植物的蔓生。因而,黄海在最末一次冰期的最盛期出现林木稀疏,草原茂盛,沼泽广布的植被景观。在这一时期沉积物中发现不少植物种子化石,其中有沟繁缕(*Elatine*)、茨藻(*Najas*)等,有孔虫化石群消失,代之而起的是陆相刺合虫和小玻璃介。

本层是最末一次冰期中气候最寒冷时形成的,形成时代为距今 30,000—12,000 年。自距今 30,000 年起黄海开始海退,于距今 $25,630 \pm 1,250$ 年时海岸线已退到东海 110 米等深线附近,黄海此时已全部裸露成陆。岸线最外曾到达东海现代海平面以下 150—160 米附近^[2],而日本海的海面当时大约也下降了 130 米,波罗的海岸线后退到 130—140 米等深线附近^[3],大西洋大陆架(美国部分)海面也下降到 130 米处^[5]。

大量资料表明,黄海与世界上大部分陆架海一样,在 30,000—12,000 年期间发生过强烈的海退,这一以海洋岛泥炭层为标志的海退期大约在距今 12,000 年时结束。此后,冰后期海侵开始。

三、自然环境的演变及其影响因素

在最末一次冰期中,黄海自然环境的演变十分复杂。从最近几年的研究过程中发现了以泥炭层、贝壳层和微体古生物化石群为特征的三个海相层和三个陆相层(图 3)。根据各项资

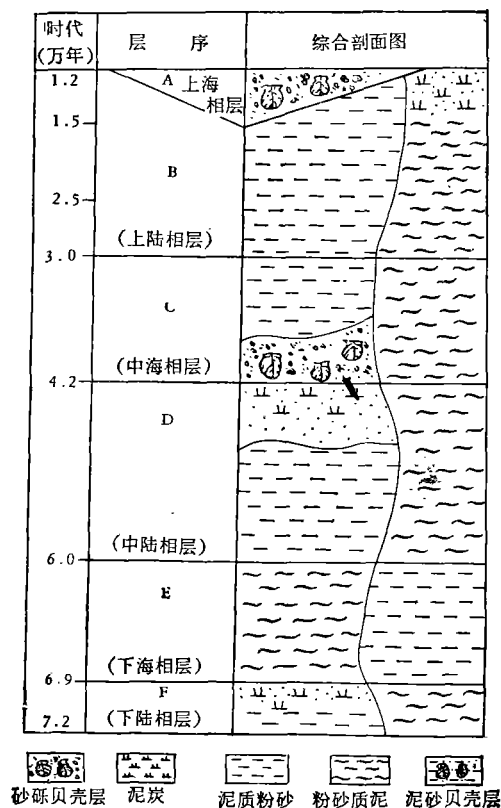


图 3 最末一次冰期黄海沉积物综合剖面图

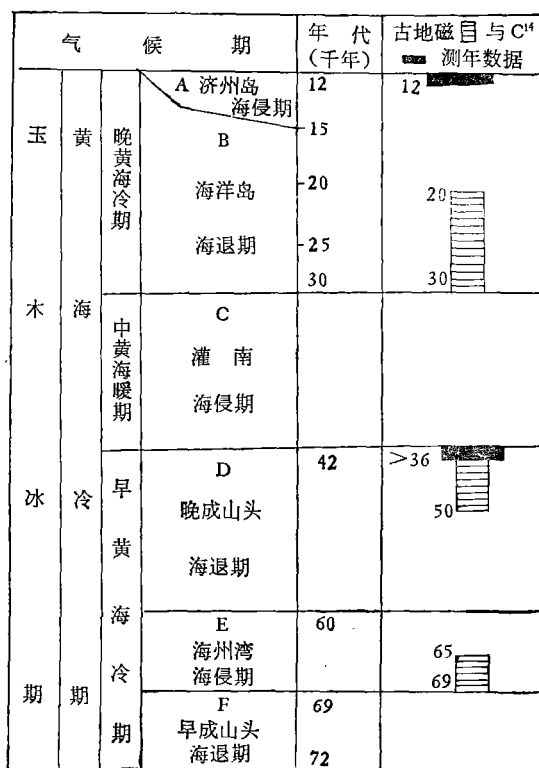


图 4a 最末一次冰期黄海的地质年代表

年代 (千年)	主要生物化石	生物标志层 贝壳层 泥炭层	中日之间在黄海裸露时的动物群 和古文化的联系	文化期
12	近江牡蛎、长牡蛎、兰蛤等	海洋岛泥炭层	猛犸象动物群经库页岛进入北海道， 披毛犀化石在上海发现，虎皮礁附近发现 原始牛下鄂骨，华北的细石器经鞑靼海 峡、库页岛和堪察加半岛、千岛群岛 进入日本北海道，南路经朝鲜半岛到九州	中石器时代文化
15	沟繁缕和茨藻的种子， 芦苇的茎叶碎片			
25				
30				
	密鳞牡蛎、长牡蛎、兰蛤			旧石器时代晚期文化
42	腹足类口盖，轮藻，植物 果核及碎屑	成山头晚期泥炭层	日本列岛与东亚大陆之间通过九州和 本州南部保持旧石器时代的文化联系	
	淡水螺，腹足类口盖， 植物碎屑	成山头早期泥炭层	为中日之间已没有古代人类不可逾越 的天然障碍	
72				

图 4b 最末一次冰期黄海的生物化石

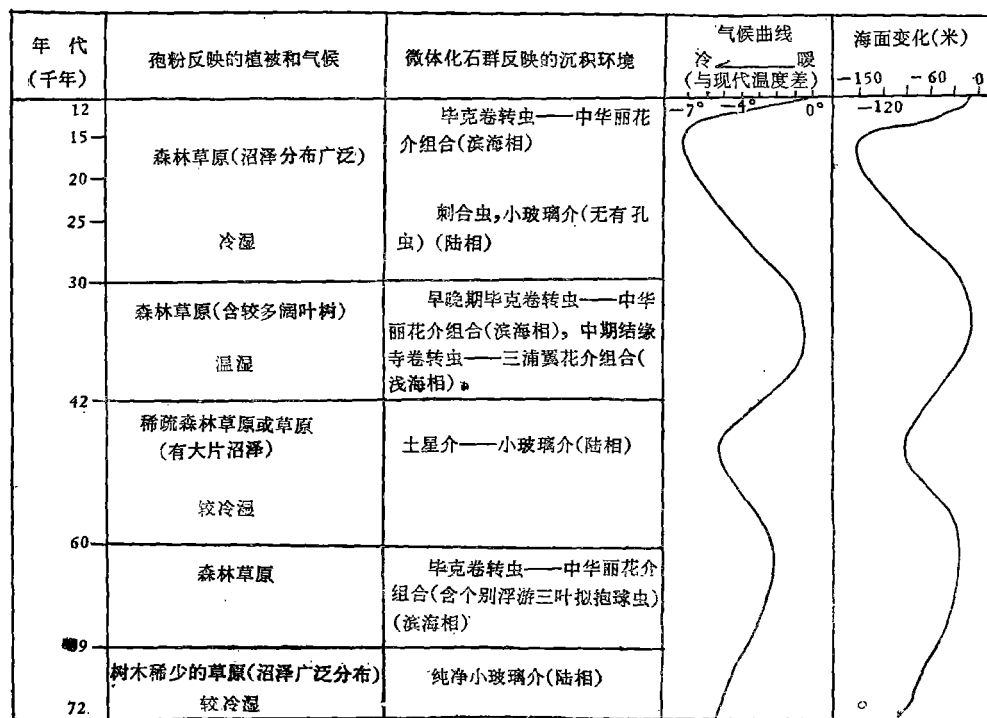


图 4c 最末一次冰期黄海的气候及海面波动
(注: 60—69 千年森林草原气候为温湿)

料的综合分析,绘成了最末一次冰期黄海自然环境演化的图式(图 4a—c)。

黄海在全球性的最末一次冰期中,虽未遭受冰川覆盖,然而气候却随着冰川进退发生多次冷暖波动,沉积物从下而上出现了成山头早期陆相层(F)—海州湾期海相层(E)—成山头晚期陆相层(D)—灌南期海相层(C)—海洋岛期陆相层(B)—济州岛期海相层(A)的陆相和海相层的相互交替。从距今 72,000—12,000 年期间,黄海出现了五次明显的气候冷暖波动和海面升降,以至黄海出现了从陆—海—陆—海—陆—海的剧烈变化过程,我们把与全球最末一次冰期相当的黄海气候变冷时期称为黄海冷期。黄海冷期经历的时代与欧洲玉木冰期持续的时间较为接近,黄海冷期的气候波动受玉木冰期冰川进退的控制。

在每一个气候期中,气候和海面还有次一级的波动过程。例如:在灌南海侵期,气候和海面也是不稳定的。从前面谈到的有孔虫和介形虫变化可见,海面有早、晚期低和中期高的特征。出现从滨海—浅海—滨海的变化过程。在海洋岛海退期,气候都属寒冷。然而,从孢粉和有孔虫、介形虫化石组合的变化,可以看到本层在形成过程中的气候寒冷不一。例如 H₃₂ 号站喜冷湿的云杉孢粉含量是早、晚期低,中期高。有孔虫在本层中部完全缺失,反映陆相的微体古生物轮藻和介形虫却较多,而在本层上下部却有属种单一、个体较小的广盐性的毕克卷转虫变种出现,反映中期黄海的大陆化程度最强,气候最冷。这些都反映了本层在沉积过程中气候并非一样寒冷,而是存在波动。黄海在最末一次冰期中的气候多次波动现象与日本海和波罗的海气候波动情况较为相似。波罗的海在玉木冰期中出现了四次亚冰期^[3]。瑞典远洋考察队在美洲加勒比海,对获得的 4,896 米深钻岩芯研究中发现,玉木冰期中存在 4—5 次气温升高的波动现象^[6],可见黄海在最末一次冰期时的气候波动并不是孤立的现象。

黄海在最末一次冰期中出现的三个陆相层, 对我国古人类和古文化向北美和日本的迁移和传播有着密切的关系。黄海裸露成陆时, 使得鞑靼海峡和库页岛与北海道之间的拉彼鲁兹海峡消失。在最末一次冰期最盛期朝鲜海峡消失, 我国东北的猛犸象动物群和华北萨拉乌苏动物群通过这些陆桥进入日本。我国华北的细石器大量传入日本^[4], 黄海的裸露使得中日之间在旧石器时代有了文化联系的通道。东北的猛犸象动物群除了向东分布以外, 还沿着裸露的黄海往南分布, 其中披毛犀一直分布到上海和安徽宿县^[7]。

黄海在最末一次冰期的变化绝不是孤立的, 它和太平洋、大西洋、地中海地区一样, 存在距今 60,000 年及 30,000—40,000 年的高海面时期。把黄海的高海面位置及形成年代与日本成瀬洋所编的玉木冰期以来的世界洋、海平面的变化进行比较, 发现两者十分吻合(表 1)^[8]。

表 1 最末一次冰期黄海海相层与世界各地海相层对比

黄 海	日 本		新几内亚	巴巴多斯	摩 洛 哥 辛 格 尔
	本 州	琉 球			
灌南海侵层	伊丹面		IIIb 面		31,000 年 B. P.
30,000— 42,000 年 B. P.	29,800— 32,700 年 B. P.	40,000— 45,000 年 B. P.	41,000 年 B. P.		
海州湾海侵层	三崎面		IV 面	0 面	
60,000— 69,000 年 B. P.	60,000 年 B. P.	55,000— 70,000 年 B. P.	61,000 年 B. P.	60,000 年 B. P.	

最末一次冰期黄海自然环境的演变, 除了受气候的因素控制以外, 还受黄海陆架在冰期时裸露而强烈的风化剥蚀的影响。例如, 组成贝壳层的贝壳磨损严重, 壳体破碎, 铁质污染很深, 反映了明显的氧化作用过程。说明这种风化剥蚀作用存在的最好实例, 是 H₃₂ 号站出现的海州湾海相层, 这一黄褐色泥质粉砂层就是海底还原环境下形成的, 青灰色泥质粉砂层发生氧化作用的结果。在海州湾海相层形成之后, 随即发生气候变冷的大海退, 海州湾海相层就暴露在空气之中, 在这沉积间断期, 强烈的氧化环境使得青灰色的海相层变为黄褐色, 并逐渐土壤化。显而易见, 黄海在低海面时或者在裸露成陆时, 外力作用对海底地形进行过强烈的塑造。

黄海沿岸的苏北平原是一个下沉区, 这将引起黄海海域的不断扩大和海面的缓慢上升。对于地壳运动引起的黄海海面变化必须引起我们的注意。当然要把这种地动型的变化从世界性洋面升降变化中区分出来是相当困难的, 但决不能忽视这一因素的影响。

致谢: 本文得到任美镔、王乃梁教授和曹家欣副教授的指教, 作者表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 国家海洋局第一海洋研究所三室, 科学通报, 12(1979), 557—561.
- [2] 朱永其等, 同上, 7(1979), 317—320.
- [3] 日本第四纪学会编, 日本の第四纪研究, 東京大學出版會, 1976, 366—369.
- [4] 裴文中, 科学通报, 12(1978), 705—707.
- [5] Milliman, D. & Emery, K. O., Science, 162(1968), 3858: 1121—1123.
- [6] 张家诚等, 气候变迁及其原因, 科学出版社, 1976, 20.
- [7] 周本雄, 古脊椎动物与古人类, 1(1978), 47—60.
- [8] 成瀬 洋, 第四纪研究, 15(1977.3), 4: 197.