

渤海莱州湾滨海平原晚第四纪 地质事件与古环境*

韩有松 孟广兰 王少青
(中国科学院海洋研究所)

莱州湾为渤海三大海湾之一,西面及南面均为滨海平原,是华北平原的组成部分。莱州湾滨海平原在山东低山丘陵与莱州湾之间。

莱州湾滨海平原第四纪古地理环境的调查研究始于50年代,60年代以来,随着地下水资源和油气的开发,第四纪地层与沉积环境的研究开始深化。作者自70年代以来,在本区开展了第四纪地下卤水资源、海平面变化与地下咸水入侵等问题的研究,以上研究均以第四纪古地理环境为宏观背景。本文系上述研究结果的阶段总结,为今后本领域研究工作与资源开发、环境保护等方面提供了依据。

一、地质基础与海岸地貌

莱州湾滨海平原主要由3个构造单元组成:西部为临清-惠民断陷,南部为昌潍断陷,东部为贯穿鲁东地区的深大断裂——沂沭断裂带北段。这3个单元起始于中生代,发展于新生代,由北东、北北东、北西及近东西向几组断裂控制。新生代以来的地质发展史一直受到上述大地构造基础的制约,第四纪滨海平原与莱州湾海盆即在此构造基础上形成。

本区第四系沉积由河湖相、海陆交互相和黄土堆积组成。滨海平原第四纪沉积分带性十分显著,南起鲁中丘陵,北至莱州湾,划分为三大沉积带:山前台地为洪积带,中部为冲、洪积带;滨海区为冲积-海积带。第四系地层厚度自东向西、自南向北变化较大,由几十米至数百米。在潍坊北部和羊口附近沉积厚度最大,达361—388m左右。

莱州湾南部平原地貌分带性亦十分明显,由山前冲、洪积扇、黄土台地与滨海平原3个主要地貌单元构成。海岸地貌属淤泥质粉砂平原海岸。地形平缓,潮间浅滩宽阔,达10—20km。组成平原海岸的物质来源主要依赖北部黄河入海泥沙的南移和周边低山

*中国科学院海洋研究所调查研究报告第2161号。

本课题为国家“八五”攻关基金资助项目,85-806-02-01号。

收稿日期:1992年10月27日。

丘陵区的季节性河流泥沙输入。莱州湾东岸为由古老变质岩组成的基岩港湾海岸。自莱州虎头崖到龙口妃姆岛岸段,为全新世砂质堆积海岸,海岸砂、咀及砂坝-泻湖发育,以刁龙咀、妃姆岛大型砂咀和连岛砂,堤为其典型代表。此外,在古胶莱河口发现有全新世河口海湾相牡蛎礁,是一种微地貌类型。

二、晚第四纪古海洋环境

莱州湾滨海平原是我国沿海第四纪古海洋环境研究取得重要成果的岸段之一。由于生产需要,本区进行第四纪环境研究的地质钻孔多限于 200m 以浅,详细记录了晚第四纪的海洋环境信息。

(一) 海相地层及其沉积环境

本区埋深 60—140m 以内的第四系沉积层中,包含有 2—5 个海相层,其中夹有 2—3 个薄层陆相沉积层。海相层自上而下分为 5 层。

1. 第 I 海相层一般厚度为 5—10m 左右,最大可达 15m,分布高程为 5—18.5m。在昌潍北部,海相层超覆于晚更新世末期的黄土层之上。羊口盐场羊盐 2 孔海相层底部,高程为 -10.9—-11.4m 的滨海沼泽相黑色粉砂淤泥层(受海水影响,沉积物中含有个别有孔虫化石), ^{14}C 测年为 11245 ± 160 年;寒亭盐场深 13.4m 的同类沉积层 ^{14}C 年龄为 11250 ± 160 年;戚里盐场 501 孔中下部(高程 -8.5m)淤泥层 ^{14}C 年龄为 8985 ± 105 年。以上结果说明第 I 海相层为全新世沉积。

本海相层底部的黑土层生成于距今 11000 年前后,是受风暴潮水影响而形成的滨海沉积物,并非真正的海相层。但由于平原地势低平,说明海岸线距此不远,故作者认为地处深断裂带的莱州湾海侵时间早于渤海湾。

2. 第 II 海相层一般厚度为 10—25m,最大厚度见于西部神堂孔,为 37.5m。分布高程为 -12—-50m。海相层时代,牛庄孔高程 -35—-36m 的淤泥层, ^{14}C 测年为 24400 ± 1100 年(王绍鸿, 1979);羊盐 2 孔海相层顶部,高程 -22m 的贝壳层为 23930 ± 2840 年;戚里盐场 507 孔,海相层下部 -24.58—-24.68m 的粉砂层, ^{14}C 测年 > 42000 年;705 孔 -25.47—-25.66m 的贝壳层为 31365 ± 1050 年等,为晚更新世中期(距今 4.2—2.4 万年)的沉积。

海相层中的有孔虫为 *Ammonia*, *Cribrononion*, *Elphidium* 组合群,反映了水深 10—20m 的滨岸浅海环境。东部地区有孔虫组合群中,近岸浅水种所占比例较大,显示古海水深度西部地区大于东部。羊盐 2 孔中出现的厚度较大的海陆交互相沉积,反映了沉积环境的变化。

3. 第 III 海相层目前仅见于潍河以西的钻孔中。在羊口盐场分布于 -33—-48.5m,胜利油田为 -45—-76m 深处,一般厚度为 15—20m 左右。第 IV 海相层亦见于西部地区,埋深在 -87m 以下。第 V 海相层埋深在 -140m 以下(郑守仪等, 1978; 韩有松等, 1986)。第 III—V 海相层的时代,在我国东部沿海多根据古地磁测定的极性事件及区域

地层对比,推断为晚更新世早期和中更新世晚期。1989年由中国科技大学韩岳同志协助,利用热释光方法测定寒亭盐场 HK, 孔第Ⅲ, IV海相层的年龄在 4.39—11 万年之间,证实为晚更新世时期(图1)。

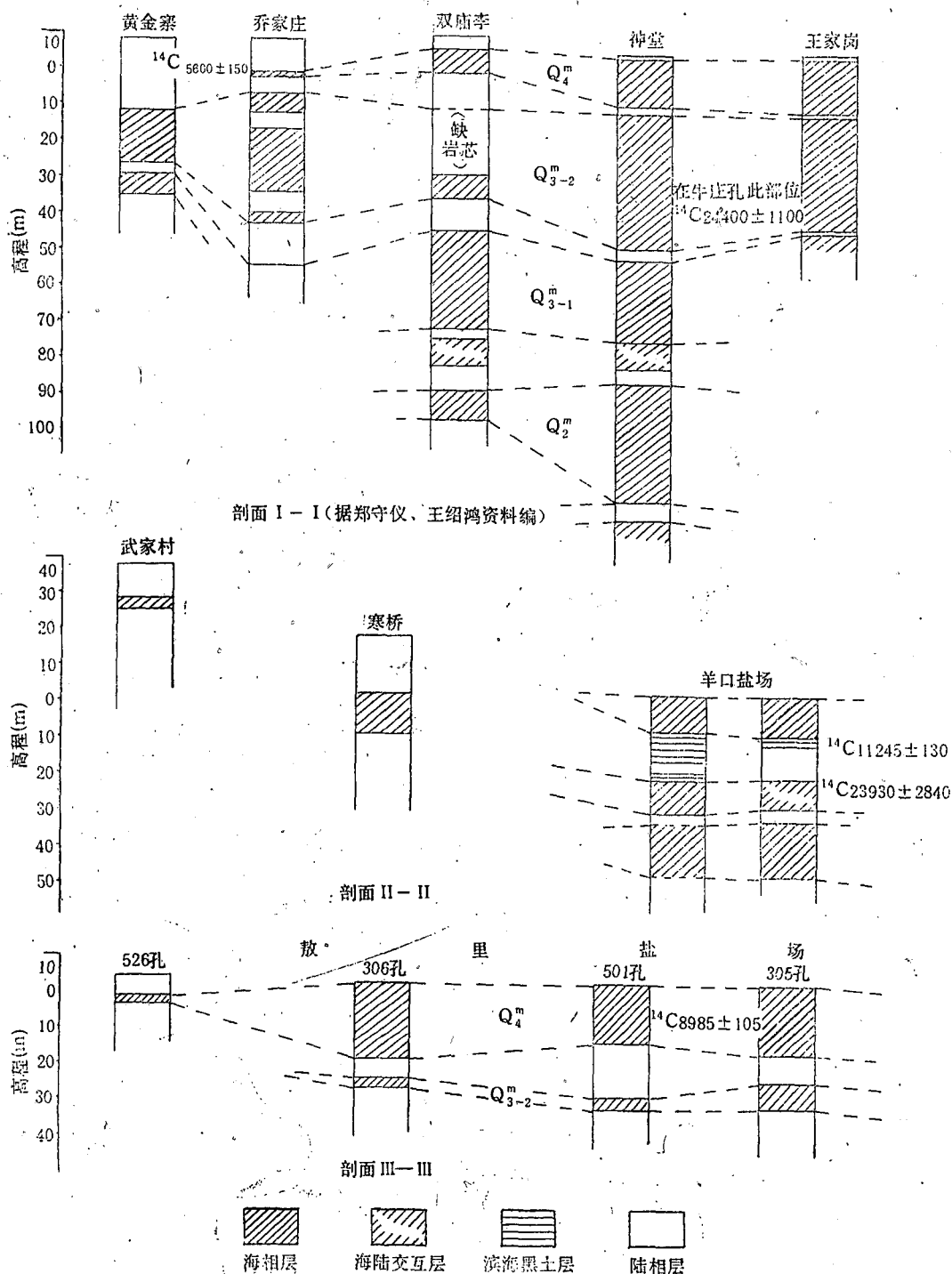


图1 海相地层对比剖面图

此外,在莱州湾滨海平原南部地区,潍坊市南面武家村尚有分布高程为31.5—34.5 m,厚3m,含潮下带生活的 *Chlamys* sp. 及其他贝类化石的砂层存在。金昌柱(1984)依据该剖面内存在的哺乳动物化石及上下地层关系,判断其生成时代早于中更新世。是目前本区尚未解疑的沉积现象。寒桥孔的海相层时代,也还有争议。

(二) 全新世中期的牡蛎礁

我国早在唐宋时期就有关于牡蛎礁的记载,然而科学地研究牡蛎礁则始于1974年(韩有松,1980)。牡蛎礁(Ostracean reefs)是由生活于海湾河口区的大型近江牡蛎(*Ostrea rivularis*)和长牡蛎(*Ostrea gigas*)等丛生形成的贝类生物礁体。埋藏于海相泥沙沉积层中,呈透镜体产出。在山东省新河及常家庄等地,挖掘出以百万斤计的牡蛎壳,当地人称之为“牡蛎湾”。目前在莱州湾南岸已发现多处,主要分布于昌邑县至莱州的东部地区,如昌邑县常家庄、夏店、东塚、平度市新河、苗家和回里阎家等地。

本区牡蛎礁的地层关系,以新河和回里阎家剖面为例,下伏地层为全新世海湾相泥质粉砂,上覆河口相或泻湖相粉砂或粉砂质淤泥层。牡蛎礁的生成年代,据已有 ^{14}C 测年资料记载,新河II号礁体为 4940 ± 120 年(作者1980年发表的论文中为树轮较正值, 5535 ± 140 年);昌邑县常家庄为 5820 ± 170 年(韩有松等,1986);相邻地区如黄海胶州湾北岸,为 8240 ± 120 年至 3490 ± 80 年;渤海湾北岸为 6744 ± 870 年至 2640 ± 90 年(韩有松等,1984,1990)。由上可知,我国北方沿海的牡蛎礁集中发育于全新世中期,距今8000—3000年间。

全新世中期牡蛎礁生长时的海洋环境(如温暖的海洋水温及优良的水质条件)比现代莱州湾优越得多(韩有松,1980)。牡蛎礁作为生成于海岸带的生物礁体,具有典型的生态环境特征,对恢复海岸古地理环境有其独特的意义。近年来利用牡蛎礁标志恢复海岸环境和研究古海岸线的变迁和海平面变化,均已取得良好效果(韩有松,1980;王一曼,1982;韩有松等,1986,1990)。

(三) 滨海相地下卤水

莱州湾滨海平原埋藏的第四纪地下卤水是一种罕见的海岸矿产资源,它赋存于晚更新世以来形成的3—4个海相砂层中。局部地区卤水已经后期运移,贮藏于滨海陆相砂层内。地下卤水是在干燥气候和内陆海湾低平潮滩环境下,经蒸发—浓缩—埋藏而形成的,它的形成不仅与气候条件有关,而且同本区的地质地貌特征和第四纪海陆变迁过程相关(韩有松等,1982;1991)。地下卤水是一种在特殊海岸环境下形成的滨海相液态蒸发矿床,它不仅为沿海制盐和盐化工工业发展提供了原料,而且又是地下水环境要素,作为恢复海岸古地理环境的一种标志物,也具有重要意义。

(四) 晚第四纪海侵及古海岸线变迁

目前, 在渤海沿岸平原第四纪海侵的研究中存在一些争议。其中, 关于海侵次数及晚更新世中期前的海侵时代, 尚存在分歧。莱州湾滨海平原广泛分布的几个海相层标志着数次海侵的存在, 本文将讨论第 I, II, III 海相层所代表的晚第四纪时期三次海侵及其古海岸线变迁的历史。

第 III 海相层代表晚更新世早期的海侵事件, 大约发生在距今 10—8 万年间。此海相层见于平原西部乔庄和中部羊口盐场钻孔中, 而在潍河以东 80m 以浅地层中没有出现, 因而, 初步判断海侵范围较小。最大海侵的古海岸线位置, 可能分布于乔庄至羊口盐场南部, 向东止于潍河西岸昌邑断裂带附近。

第 II 海相层代表晚更新世中期, 距今 4.2—2.4 万年间的海侵事件。海相层的分布范围比较广泛, 古海岸线大致位于乔庄西侧, 向南经过博兴与桓台之间, 向东一直延伸到寿光寒桥和昌邑北侧, 至新河、灰埠北和虎头崖附近。

第 I 海相层广泛分布, 代表全新世海侵的影响范围, 在西部地区比晚更新世早期的

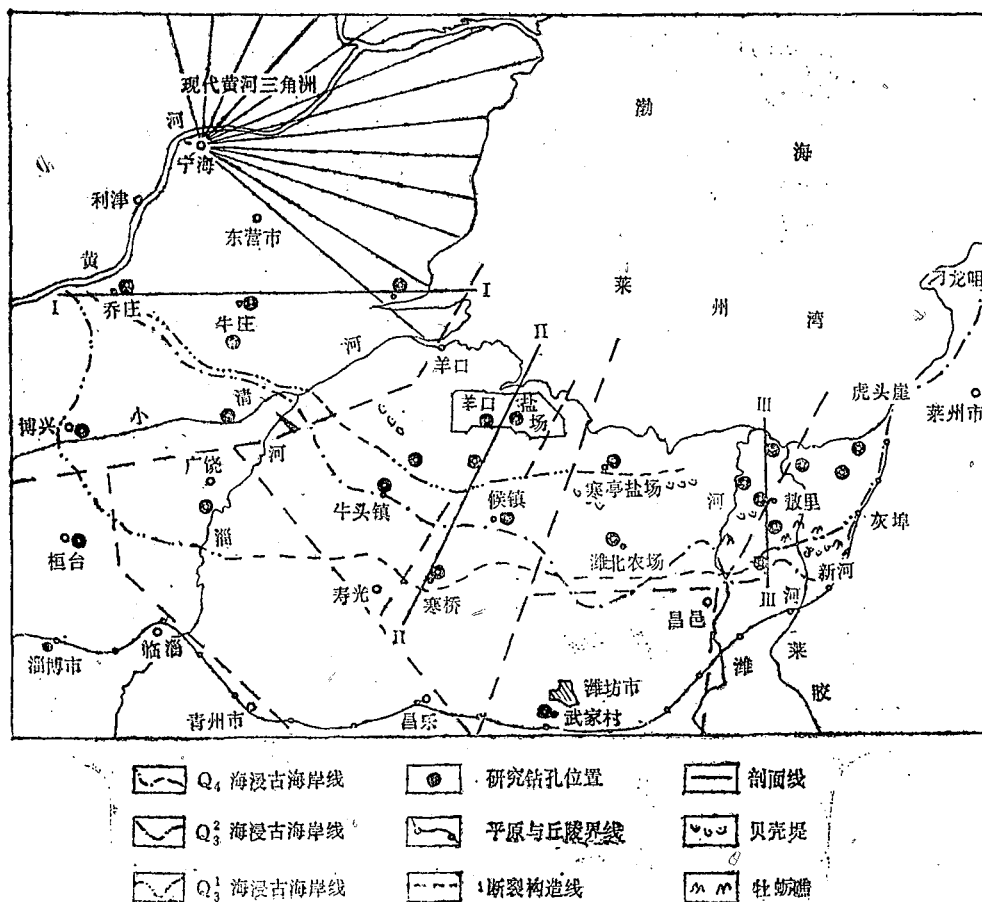


图2 古海岸线及站位分布图

海侵稍大些,但比晚更新世中期的海侵要小。在东部地区,全新世海侵范围亦比晚更新世中期的海侵要大。全新世海侵最大范围的古海岸线大致分布于乔庄、斗柯、牛头镇、南河、侯镇、永安、李家埠、夏店及新河一带。昌潍北部保存有古黄土海蚀崖,为本区别具特色的古海岸遗迹。

全新世中期以来的海岸线迁移是滨海平原古海岸环境变化的重要事件,其标志是海岸贝壳堤及其贝壳砂堤带的发育和迁移。至今已取得多条莱州湾南岸贝壳堤的资料。最老的有新河贝壳堤及郭井子-官台贝壳堤,它们分别生成于距今 5715 ± 150 年和 5680 ± 110 年— 5005 ± 90 年前。潍县固堤场与昌邑县东缘火道的贝壳堤生成于 3050 ± 90 年前(庄振业等, 1991)。莱州市海沧沙丘为早期的沿岸砂堤,后经风力作用改造形成,其形成时代,作者据沙丘内出土的唐、宋时期的文物判断,当在距今 1000 年以前。已知的 3 条贝壳砂堤带代表了全新世中期最大海侵后的海退成陆过程,古海岸线从陆向海方向依次迁移(图2)。

三、更新世末期的冰缘外围气候环境

第四纪末期盛冰段气候的影响,在本区主要表现在广泛分布的黄土堆积和寒冷生物群的存在。

1. 黄土分布及其沉积特征

莱州湾南岸平原区西起寿光,东至莱州境内,普遍有黄土堆积,在丘陵山前有黄土台地发育。在海拔小于 10m 的平原区,黄土层被埋藏在平原之下。寿光寒桥、潍县东坡和昌邑双台、文山等地的黄土台地分布高程在 10—20m 以上。黄土层露头最大厚度在 10m 以上,沉积物为土黄及褐黄色砂质亚粘土,粗砂成分含量较多,局部可见 1—3 层古土壤层。黄土物质分选性较差,粗颗粒成分含量较多,其物质来源主要是就近起沙,细颗粒粉尘为远程异域吹扬而来。上述黄土堆积夹于第 I, II 海相层之间。在邻近地区还取得了直接测年数据,如蓬莱林格庄黄土为 18310 年前,长山岛的黄土为 12070—23100 年前(郭永盛等, 1983; 曹家欣等, 1986)。说明其形成时间为距今 2.3—1.2 万年。

2. 寒冷动物群

在莱州湾滨海平原挖掘出大量动物骨骼化石,集中保存在各地博物馆内,作者在野外调查时也有发现和收集。经鉴定属于晚更新世末期的种属,主要有:

(1) 披毛犀 (*Coelodonta antiquitatis*), 产地为平度市孙家套,潍坊市武家村和棉纺厂; (2) 原始牛 (*Bos primigenius*), 产地为潍坊市武家村和东上圩河; (3) 野牛 (*Bison* sp.), 产地为潍坊市小崖村、寒亭; (4) 纳玛象 (*Palaeoloxodon namadicus*), 产地为昌邑县刘家屯; (5) 鸵鸟蛋 (*Struthiolithus anderssoni*), 产地为潍坊市生建机械厂。

此外,在山东半岛北部邻近地区也发现同时代的许多化石,如渤海中部及渤海海峡的砣矶岛、大钦岛附近海底和胶南县乔家洼山前沉积层中的披毛犀、猛犸象 (*Mammuthus primigenius*) 及普氏羚羊 (*Gazella przewalskyi*); 长山岛及蓬莱沿海黄土层中的

赤鹿 (*Gervus elaphus*)、斑鹿 (*Cervus nippon*)、纳玛象和安氏鸵鸟；还有济南附近地区的猛犸象等 (韩有松, 1982; 孙善德, 1982; 周本雄, 1978)。它们均属晚更新世晚期渤海寒冷动物群成员 (表1)。

表1 莱州湾滨海平原2万年来的古地理环境的演变

地质时代		沉积类型	有孔虫群	贝类优势种	大型动物化石	孢粉组合	古气候		古环境	
Q ₄ ³	0.3 万年	冲积物 洪积物 沼泽沉积		<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Elaphurus davidianus</i>	<i>Pinus-Quercus-Artemisia-Chenopodiaceae</i>	温暖气候期	温干阶段	滨海平原	
Q ₄ ²	0.5 万年	海相及海陆过渡相沉积	<i>Ammonia tepida</i> <i>A. multicella</i> <i>A. annectens</i> <i>A. globosa</i> <i>Elphidium limpidum</i> <i>E. simplex</i>	<i>Meretrix meretrix</i> <i>Ostracean reefs</i>	Whale	<i>Quercus-Pinus-Fagus-Quercus aliena-Betula-Chenopodiaceae-Acer, Carya</i>		暖湿阶段		海
	0.6 万年									
	0.8 万年									
Q ₄ ¹	1 万年	河湖相沉积及黄土堆积		<i>Lamprotula</i>	<i>Coelodonta antiquitatis</i> , <i>Bos primigenius</i> , <i>Pala-eoloxodon namadicus</i> , <i>Bison sp.</i> , <i>Struthiolthus anderssoni</i>	<i>Pinus-Salix-Quercus-Gramineae-Cyperaceae-Typha-Potamogeton</i>	温凉阶段		湾	
1.2 万年										
Q ₃ ³	2.4 万年									

晚更新世晚期渤海寒冷动物群的出现，是渤海第四纪古环境演变的重大地质事件。

3. 耐寒的植物群

从渤海莱州湾滨海平原区第四纪沉积孢粉分析中发现，晚更新世晚期地层孢粉化石比较贫乏，主要成份有松 (*Pinus*)、柏 (*Cupressaceae*)、桦 (*Betula*)、云杉 (*Picea*)、冷杉 (*Abies*)、柳 (*Salix*) 和栎 (*Quercus*) 等木本植物花粉；草本植物花粉为藜 (*Chenopodiaceae*)、蒿 (*Artemisia*)、禾本科 (*Gramineae*)、菊科 (*Compositae*)、豆科 (*Leguminosae*) 等。在黄河三角洲沾化的一个钻孔岩芯中，云杉和冷杉的花粉化石数量占该层的 80% (周本雄, 1984)。在渤海中部的 BC-1 孔等站位，很多层位中还含有数量较多的苔藓 (*Musci*) 和真藓 (*Bryum*) 孢子，有的层位中苔藓孢子含量高达 34.25% (孟广兰等, 1987; 蒋辉等, 1981)。以上植物群共同构成了森林草原-草原植被类型，反映出本区冷干的生态环境。

黄土堆积和寒冷动、植物群均反映出本区在晚更新世末期处于比较寒冷的气候环境之中。当时的东北亚冰缘冻土带南界在中国东部沿海，位于北纬 40° 附近的华北平原及渤海北部地带，莱州湾地区处于冰缘外围环境 (韩有松等, 1988)。

四、全新世中期暖湿气候阶段

晚更新世晚期冰期的寒冷气候在华北地区大致结束于距今 1.2 或 1.1 万年前。随着冰后期的到来,渤海莱州湾地区气候即转为温暖期。在距今 8000—3000 年间的全新世中期,本区与华北地区一样,气候进入温暖湿润的阶段,又称为全新世中期高温期。本区反映暖湿气候的主要标志是:(1)温暖海洋环境生成的大型牡蛎礁堆积;(2)暖水种有孔虫的出现,如球室转轮虫(*Ammonia globosa*)和简单企虫(*Elphidium simplex*)等,在全新世海相层中的生存数量比现代渤海海区多数倍。简单企虫是现代热带太平洋区数量最丰富的广暖水种;(3)全新世中期兴起的四不像鹿(*Elphurus davianus*)化石,在莱州湾沿岸平原发现很多;(4)阔叶树花粉优势组合带出现在中全新世地层中。而且在莱州、平度、昌邑等地区的一些沉积剖面中发现有喜湿热的木本植物花粉和蕨类植物孢子,如木兰(*Magnolia*)、枫香(*Liquidamber*)、漆(*Rhus*)、金缕梅(*Hamelis*)、紫树(*Nyssa*)、桑(*Morus*)、栲(*Castanopsis*)、水龙骨(*Polypodiaceae*)、凤尾蕨(*Pteris*)、紫萁(*Osmunda*)、膜蕨(*Hymenophylla*)和水蕨(*Ceratopteris thalictroides*)等。相邻的山东半岛及渤海湾沿岸也有分布。它们种类多,但绝对含量少,反映出比现代暖湿得多的气候环境,但并非亚热带气候。对于暖湿带气候环境下存在的少量亚热带生物种类,作者提出了“生物环境容忍带”的概念,解释了生物对环境的“容忍性”和“适应性”的生态特点(韩有松等,1988)(表1)。

五、第四纪地下水资源与环境问题

温带滨海平原区域第四纪地下水资源与环境问题十分突出,尤其是莱州湾沿岸。在古海洋环境背景下形成的地下卤水与咸水,既是一种有益的地下水资源,又是滨海平原第四纪水文地质环境的有害因素。70年代以来,华北气候干旱,淡水资源日益匮乏,随着经济的发展,过量开采地下淡水导致地下咸水入侵,污染淡水源地,形成了严重的自然灾害。已经报道的莱州湾沿岸海水入侵问题,包括了平原区的地下咸水内侵和基岩港湾海岸的海水直接入侵两种类型。本文仅提及前者,因为它与古环境密切相关,而且莱州湾滨海平原的第四纪地下水资源与环境问题具有特别的典型性。对于资源与环境所构成的对立统一矛盾,我们认为,一方面要大量开采地下卤水用以盐业生产,或直接利用低矿化度咸水进行生物养殖,这样可以减少咸水侵染的物源;另一方面,多方扩大水源,改善地下淡水开采条件,阻止咸水内侵趋势。目前,莱州湾沿岸正在进行资源开发与环境保护问题的研究和试验,其结果将可为其它地区提供参考。

参 考 文 献

- 王绍鸿, 1979, 莱州湾西岸晚第四纪海相地层及其沉积环境的初步研究, 海洋与湖沼, 10(1): 9—22。
王一曼, 1982, 渤海湾西北岸全新世海侵问题的初步探讨, 地理研究, 1(2): 59—68。
庄振业, 许卫东, 李学伦, 1991, 渤海南岸 6000 年来的岸线演变, 青岛海洋大学学报, 21(2): 104。

- 孙善德, 1982, 胶南首次出现猛犸象等动物化石, 青岛日报, 7月18日。
- 郑守仪、郑执中等, 1978, 山东省打渔张灌区第四纪有孔虫及其沉积环境的初步探讨, 海洋科学集刊, 13: 16—30。
- 金昌柱, 1984, 山东潍县武家村第四纪地层及哺乳类化石, 古脊椎动物学报, 22(1): 54—58。
- 孟广兰、王少青, 1987, 渤海 BC-1 孔孢粉组合及其古气候, 海洋与湖沼, 18(3): 253—263。
- 周本雄, 1978, 披毛犀和猛犸象的地理分布、古生态与有关的古气候问题, 古脊椎动物与古人类, 16(1): 47—59。
- 周昆叔, 1984, 第四纪孢粉分析与古环境, 科学出版社, 15—23。
- 郭永盛、韩有松等, 1983, 关于山东半岛更新世高海面问题的讨论, 海洋学报, 5(4): 483—487。
- 曹家欣、李培英等, 1986, 中国海平面变化, 海洋出版社, 84—85。
- 韩有松、孟广兰, 1984, 胶州湾地区全新世海侵及其海平面变化, 科学通报, 29(20): 1255—1258。
- 韩有松、孟广兰、王少青, 1986, 中国海平面变化, 海洋出版社, 98—104。
- 韩有松, 1980, 牡蛎礁与新河古海岸线, 海洋科学集刊, 16: 59—65。
- 韩有松、孟广兰, 1986, 青岛沿海地区 20000 年以来的古地理环境演变, 海洋与湖沼, 17(3): 196—205。
- 韩有松、吴洪发, 1982, 莱州湾滨海平原地下卤水成因初探, 地质论评, 28(2): 126—130。
- 韩有松、孟广兰、王少青, 1991, 中国海陆第四纪对比研究, 科学出版社, 79—89。
- 韩有松, 1982, 山东半岛发现披毛犀化石, 古脊椎动物与古人类, 20(3): 247。
- 韩有松、孟广兰等, 1988, 生物环境容忍带与生物气候界线, 海洋科学, 5: 15—17。
- 蒋辉、王开发等, 1981, 渤海西部晚更新世以来的孢粉组合及其古气候、古地理, 海洋与湖沼通报, 4: 34—40。

THE GEOLOGICAL EVENTS AND PALEO-ENVIRONMENT OF THE COASTAL PLAIN OF LAIZHOU BAY IN BOHAI SEA DURING LATE QUATERNARY*

Han Yousong, Meng Guanglan and Wang Shaoqing
(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

In the coastal plain of Laizhou Bay, the thickness of Quaternary sediments increases from the south to north and from east to west. The center of sediments is in the coastal area of the Xiaoqing River mouth. The contribution of marine strata is very different in the west and east, showing differences between the relief and sea level height during different stages. There were two transgressions east of the Weihe River in 40,000 a. B.P., three west of it in 100,000 a. B.P. and five in the west of Laizhou Bay in 200,000 a. B.P..

The Ostracean reefs of China in the middle Holocene were discovered for the first time in Xinhe of this region. This led to the discovery of the Xinhe Paleo-coastline, high sea level in the middle Holocene and warm Paleo-marine environment so that the ancient Ostracean reefs have become the important indicators for reconstruction of the ancient coastal environment.

The underground Quaternary littoral facies brine and widely distributing

* Contribution No. 2161 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

loess are due to the special geographical environment. Conversely, they are indicators of the environment in the ancient climate. The loess plateau reflects the dry climate in this region in late Quaternary.

During the cold climate period of late Pleistocene in this region, there were forest-grassland vegetation and animal groups existing in the outer surroundings of the ice margin. This period is the important stage of the ancient environment evolution in Shandong Peninsula.