

海州湾南岸第四纪海侵的研究*

王绍鸿 韩有松

(中国科学院海洋研究所)

海州湾位于南黄海西部,我国自然地理南北分界线的东端。本区第四纪地质及海岸地貌的研究,对于我国东部沿海第四纪海陆变迁及南黄海与中国海的发育历史,有重要意义。同时对工农业生产和国防建设,均有直接关系。二十多年来,许多单位相继在海州湾沿岸及南黄海进行了许多调查研究工作。1974年3月,

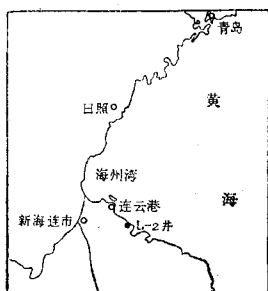


图1 L-2井钻孔位置图

我们系统地采集了海州湾南的L-2井的岩芯标本(图1),根据岩芯的不同岩性,分析鉴定了28个样品。发现本区第四纪地层中有五次海侵的证据。这是山东半岛以南沿海,目前已知的第四纪海侵次数最多的一个钻井。

一、第四纪地层及化石群特征

海州湾以南沿海,除连云港附近的山地出露有下元古代变质岩外,广大平原地区全为第四系所覆盖,其厚度从北往南增大。L-2井第四系厚约160米,可划分为四个组,包括五个海侵地层和五个陆相地层(图2)。

第一组

第一海侵层:黑色淤泥质亚粘土,埋深0—19.5米,含海相生物化石。

有孔虫46种,2,066个壳体,化石群多变化 $v=33$,优势度 $d=19.8\%$,优势种是连接

转轮虫 *Ammonia annectens* (Parke and Jo-

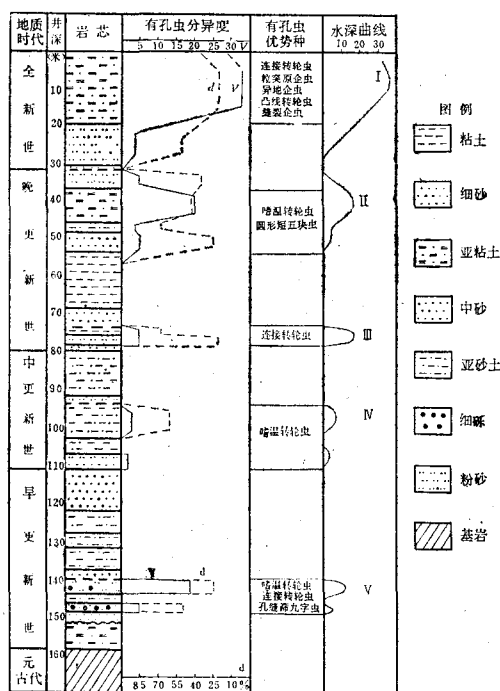


图2

转轮虫 *Ammonia annectens* (Parke and Jo- nes), 粒突原企虫 *Protelphidium granesum* (d'Orbigny), 异地企虫 *Elphidium advenum* (Cushman), 凸线转轮虫 *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny), 缝裂企虫 *Elphidium magellanicum* (Heron-Allen et Earland)。它们共占全群的53.75%。这些种在现代黄、渤海

* 山东省地质局水文地质队提供钻井岩芯样品; 本所郑守仪同志帮助进行有孔虫鉴定; 马绣同, 孟广兰, 郭玉洁, 刘锡兴同志, 分别协助鉴定软体动物、孢粉、硅藻、苔藓虫化石; 蒋孟荣等同志清绘图件, 特此致谢。

里, 主要生活于水深约20米的浅海区^[1]。此外, 现代南黄海西部和现代渤海底质中, 主要分布于水深20米以内的八个种(厚壁转轮虫 *Ammonia confertitesta* Zheng, 孔缝筛九字虫 *Cribrononion porisuturalis* Zheng, 嗜温转轮虫 *Ammonia tepida* (Cushman), 细纹点头虫 *Brizalina striatula* (Cushman), 光滑九字虫 *Nonion glabrum* Ho, Hu et Wang, 整洁五块虫 *Quinqueloculina bellatula* Brady, 圆形短五块虫 *Quinqueloculina akneriana rotunda* (Gerke), 凸背转轮虫 *Ammonia convexidorsa* Zheng) 占总数 13.8%。主要分布于水深20—50米的八个种(高锅转轮虫 *Ammonia takanabensis* (Ishizaki), 仿车轮虫 *Pararotalia* sp., 易变筛九字虫 *Cribrononion incertum* (Williamson), 亚洲筛九字虫 *Cribrononion asiaticum* (Polski), 布腊德玫瑰虫 *Rosalina bradyi* (Cushman), 粗糙企虫 *Elphidium hispidulum* (Cushman) 冷面颊虫 *Buccella frigida* (Cushman), 多变假车轮虫 *Pseudorotalia gaimardii* (d'Orbigny)) 占总数的13.6%。主要分布于50米水深以外的锐角方室转轮虫 *Ammonia kettienzienses angulata* (Kuwana)、瓶虫 *Lagena* spp. 和缝口虫 *Fissurina* spp. 诸种, 占总数的2.4%。综上, 本层沉积水深可能在30—40米左右。

本层含有近岸浅海的兰蛤 *Aloidis* sp., 蚶 *Arca* sp. 等软体动物化石, 还有海相的棘皮动物海胆刺等。孢粉中喜暖湿的蕨类如水龙骨科 *Polypodiaceae*、凤尾蕨 *Pteris*、鳞盖蕨 *Microlepia* 等占总数的47%。木本花粉占39%, 其中柏 *Cupressaceae*、杉 *Cunninghamia lanceolata* Lamb、桦 *Betula*、胡桃 *Juglans* 占多数, 草本占13.8%, 以禾本科和蒿属 *Artemisia* 为主。

第一陆相层: 褐黄色粉砂和灰褐色细砂, 厚约12米。

第二组

第二海侵层: 上部为灰褐色粉砂, 含较多砂土; 中部为黑色淤泥质亚粘土、青灰色亚砂

土, 含海相生物化石; 下部为褐黄-灰绿色中细砂。厚22.6米, 埋深31.6—53.2米。含有孔虫的主要层位是黑色淤泥质亚粘土层, 含有孔虫49种, 1,055个壳体, 化石群多变度 $v=20$, 优势度 $d=40.8\%$ 。优势种为嗜温转轮虫和圆形短五块虫, 这两个种占了全群的63.9%。若加上厚壁转轮虫和连接转轮虫, 可占全群的75%。这四个种在现代南黄海西部, 主要分布于水深小于20米的近岸浅海区域。* 而在现代南黄海主要分布于50米水深以外的属种, 在本层化石群中只占1.5%。因此, 尽管有孔虫属种不少, 但少数几种就占了总个数的一大半, 反映了本层沉积环境属于近岸浅海的环境, 水深在20米左右。

其它化石中有苔藓虫: 栉苔虫 *Crisia* sp. 和管孔苔虫 *Tubulipora* sp.。这两种在现代黄、东海潮间带以下均有分布, 主要生活于40—80米水深的清水中。还有硅藻类中近岸底层的蛛网藻 *Arachnoidescus ehrenbergi* Balley et Ehrenberg。还有海胆刺。

在本层的孢粉组合中, 木本占优势, 其中柏和桦较多; 其次为喜暖湿的蕨类, 如水龙骨科, 里白 *Gleicheniaceae*, 凤尾蕨等, 占38%左右。和第一海侵层一样, 反映出当时的气候比较温暖。

第二陆相层: 主要是杂色粘土层, 底部为黄褐色细砂, 厚20.2米。

第三海侵层: 上部为杂色粘土, 下部为黄褐色粉砂和细砂, 含贝壳, 厚6.5米, 埋深73.4—79.9米。本层有孔虫的种数和个数均不丰富, 只有11种、177个壳体, 化石群多变度 $v=5$, 优势度 $d=66.6\%$ 。优势种是连接转轮虫。其次是嗜温转轮虫, 这两个种占全群的85.8%, 它们又都主要分布于水深小于20米的海区。在现代南黄海中主要分布于水深30米以外的多变假车轮虫, 虽然占第三位, 但只占总个数的4%。

* 据同济大学海洋地质系, 1978, 未刊资料: “南黄海西北部底质中有孔虫、介形虫分布规律及其地质意义”。

可见, 本层沉积环境更接近于滨海边缘环境, 沉积水深小于20米。本层中还有生活于潮间带的蜆螺 *Umbonium* sp. 以及个别生活于淡水的旋螺 *Gyraulus* sp.。

第三组

第三陆相层: 灰白色-土黄色亚粘土和白色粉细砂层, 厚14.1米。

第四海侵层: 杂色亚粘土、白色亚砂土、粉细砂层, 厚约17.2米, 埋深94—111.2米。有孔虫主要分布于94—103米的杂色亚粘土层和107.5—111米的白色夹褐黄色粉细砂层内。有孔虫属种单调、数量少, 两个样品中只有3种、13个壳体。这三种是嗜温转轮虫, 连接转轮虫和孔缝筛九字虫, 它们主要分布于水深小于20米和小于10米的海区。样品中还见有淡水的旋螺。本层沉积时可能处于滨海边缘环境, 如河口的环境。

第四组

第四陆相层: 灰白色亚砂土、亚粘土和白色粘质中细砂层, 厚29米。

第五海侵层: 白色细砂细砾互层, 细砾层含贝壳。厚11.1米, 埋深140.4—148.5米。含有孔虫23种, 380个壳体。化石群 $v=19$, 优势度 $d=23.2\%$ 。优势种是嗜温转轮虫, 连接转轮虫和孔缝筛九字虫, 三者占全群的52.6%, 它们主要分布在小于20米水深的海区。在现代黄海生活中生活于较深水域的多变假车轮虫、圆锥假车轮虫 *Pseudorotalia schroeteriana* (Parker and Jones)、玫瑰虫 *Rosalina* 和缝口虫 *Fissurina*, 它们只占总数的6.5%左右。样品中有许多海生软体动物化石, 如浅海的小塔螺 *Pyramideella* sp., 近岸浅海的兰蛤、蚶, 潮间带的纵带织纹螺 *Nassarius variciferus* A. Adams, 织纹螺, 还有后鳃类的 *Retusa* sp. 和藤壶等。还见有个别淡水旋螺。本层沉积物粒度粗, 贝壳和有孔虫壳体多破碎, 反映了本区沉积时, 处于近岸的高能环境。本层中部2米左右的白色亚砂土中, 不见有孔虫等海相化石, 说明本次海侵过程中, 海水曾一度退出本区。

第五陆相层: 上部为白色粘质细砂, 下部为杂色亚粘土, 厚10.2米。

158.7米以下为下元古代的片麻岩。

二、第四纪海侵与

地质发展过程的讨论

1. 第四纪五次海侵从老到新愈来愈大

我国东部各省沿海, 普遍存在第四纪海相地层, 但第四纪以来究竟有几次海侵? 各次的规模如何? 尚未统一认识。海相生物群的研究是解决海相地层与海侵问题的关键。我们对L-2号钻井的研究, 主要是对海相生物群(以有孔虫为主)进行定性、定量分析, 结合岩芯的岩性特征, 来探讨海州湾南岸的海侵问题。对于化石数量比较少的层位, 要辨别是本层含有的还是外部混杂进来的; 其次对于化石种数、个数少, 也要进行具体分析。因为冲洗样品所用的筛网的孔径不同, 结果大不一样。我们所用的铜筛孔径为0.1毫米。50克干重的样品中, 有孔虫个数在五个以下者, 未列入海侵层。这样, 海州湾南部沿海, 第四纪以来至少有五次海侵。第五次海侵时本区属滨岸高能环境。第四次海侵时属河口环境。第三次海侵为水深小于20米的近岸浅海至滨海边缘环境。第二次海侵的规模较大, 本区属水深20米左右的近岸浅海环境。第一次海侵, 本区水深可达30—40米, 是本区第四纪海侵最大的一次。总的表现是时代从老到新, 海侵规模愈来愈大。其中晚更新世以来的三次海侵, 在江苏西北部的微山湖西南, 可见到海水的影响, 据江苏省水文地质队资料, 那里有三个海陆过渡相地层, 从老到新海相性越来越强。

引起海侵的原因是多方面的。但从我们现有的资料来看, 第四纪期间, 冰期-间冰期的气候波动引起的海面升降, 可能是主要的原因。这从我国东部沿海海侵旋回与气候旋回相符合的事实, 可以得到证明。一般认为, 第四纪以来有十次以上冰期-间冰期的气候波动, 近二百万年来曾发生过4次以上较明显的冰期

和4次间冰期^[6]。冰期、间冰期的出现,必然导致海面的降、升,造成海退海侵现象。至于一个地区是否受到海侵海退的影响并留下它们作用的痕迹,要看该区的地理位置、古地貌状况和新构造运动等情况。我国东部海区及其沿岸地区,不同地段,第四纪地层中海侵层数不同,强度也各异。本区和邻近地区相比,也有一些差别(图3)。本区有五次海侵层,其中

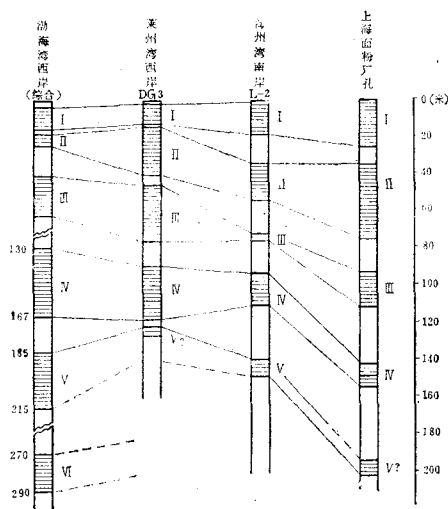


图3 邻近地区海侵层对比图

全新世海侵的水深和沉积物厚度最大。而上海地区,有四次海侵层,某些层位还有个别有孔虫,水深和沉积物厚度最大的是第二次海侵层。这可能与上海地区的古地貌有关。在莱州湾西岸,142米深的第四纪沉积层中已见到四个海侵层^[1,2]更深的地层没有钻取,就已知四个海侵层而言,水深及较深水的沉积物厚度最大的是第三海侵层。在渤海湾西岸,第四纪以来地壳长期缓慢下沉接受沉积,第四系中保存了更多的海侵层^[3],这是由新构造运动性质决定的。

2. 第四纪地质发育过程

在古生代-中生代的漫长地质历史中,本区一直处于上升剥蚀过程中。第三纪期间,南部的苏北-南黄海不断拗陷,堆积了巨厚的沉积物。本区仍处于剥蚀状况,残留下7米左右的风化壳而进入第四纪。

近160米厚的第四纪沉积物,说明本区第

四纪以来,总的说来属于中等相对沉降区。地壳升降和海平面升降的综合结果,表现为地层中的五个海侵层及其间的五个陆相层。五个海侵层是五次海平面相对上升、陆地相对下降、海水侵入本区的记录。

更新世初期,气候寒冷,孢粉组合中木本占43%,以松 *Pinus*、栎 *Quercus*、桦为主;草木占38%,其中蒿属占绝对优势。沉积了约3米厚的白色粘质细砂。随后到来的是温暖的气候,海平面升高,海水第一次侵入本区,由于原始古地面坡度较大,海浪强烈地侵蚀改造着原始的地形和沉积物,将细粒物质带入深水处,而把较粗部分抛上岸滩,因而沉积物中贝壳和有孔虫壳大多已破碎。在这次海侵过程中,海平面曾有一短暂的震荡,海水退而复进。后半期气候有冷-暖-冷变化,但海平面均较低,本区只有陆相堆积。整个初期阶段,气候较长时间寒冷,海平面位置长时间处于较低位置,本区绝大部分是陆相沉积,只有1/6是海滩相沉积。

更新世中期,开始是一段较长时间的温暖时期,但这时期的海侵比较弱,本区处于滨海边缘环境,沉积了一套粉细砂和亚粘土层,为海陆过渡相的沉积。海侵到达本区后不久,曾一度退出,然后又侵入,形成第四次海侵。后来气候变冷,孢粉组合中以蒿属为主的草木占绝对优势,海平面下降,堆积了白色粉细砂和灰白色、土黄色亚粘土。在这个时期的沉积中陆相和海陆过渡相各占一半。

更新世晚期,初始气候比较暖和,发生了第三次海侵,其规模较前两次大些。本区属于近岸浅海至滨海边缘环境,沉积了一套黄褐色细粉砂和杂色粘土。随后气候变冷,孢粉以草本为主占45%,其中禾本科和蒿属占优势;木本占29%,以松为主。发生了一次较长时间的海退,堆积了近20米的陆相地层。由于海平面下降,黄海地区出露成陆,呈现稀疏森林草原景观,在现今黄海水深71米左右海底,形成了湖沼泥炭沉积^[4]。

随着气候回暖,海平面再次升高。在原来

发育过湖沼的地区,可能曾有一段时间海岸线停留在那里,留下了丰富的滨海潮间带的软体动物介壳。气候更趋温暖,海平面继续升高,当海水侵入本区时,便形成了第二次海侵。这次海侵较前三次都大,沉积了约22米海相及海陆过渡相沉积物。从晚更新世以来,本区沉积物便以海相及海陆过渡相沉积为主,陆相层降为次要地位。第四纪最后一次寒冷气候的到来,使海平面大幅度下降,南黄海海水完全退出,呈现一片低平的大平原。在东海,海水可退至陆架边缘现水深130—160米左右^[4]。

冰后期气候回暖,海平面迅速上升,当海水达到现水深50米左右,可能有过停顿,在低洼处堆积了2—4米厚的泥炭层^[4]。进入全新世后,海面继续升高,海水达到本区后,沉积了黑色淤泥质亚粘土,海侵最盛时,本区水深可达30—40米。此次海侵较前四次都大,它在微山湖西南有明显的影响。全新世海侵的海平

面达到最高位置之后,曾略有下降,直到现今海平面位置,在连云港附近留有高海面的痕迹^[6]。

主要参考文献

- [1] 郑守仪等, 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: 15—65。
- [2] 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: 9—23。
- [3] 林景星, 1977。华北平原第四纪海进海退现象的初步认识。地质学报第二期
- [4] 国家海洋局第一海洋研究所三室, 1979。黄海晚更新世末期以来古地理环境的演变。科学通报第12期557—561。
- [5] 陈昌篤等, 1954。江苏省连云港附近山地和海滨植物群落的初步调查。地理学报20: 285—311。
- [6] David B. Ericson and Goesta Wollin, 1968. Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. Science, 162: 1227—1234.

(上接第33页)

3. “四个加大”: 它调节了个体与群体及它们与环境之间的关系,使个体与群体在适宜的环境中生长。在大量栽培中,排距20—30米为宜。筏距内区7—8米,加大绳距;外区6—7米,绳距小于内区。在里区苗距8—10厘米夹一株;外区7—8厘米夹一株。近几年来,辽宁省有些海区,采用上端密夹,每3厘米夹一株,每端夹12—16株;下端稀夹,9—10厘米夹一株,在平挂条件下,适宜海带的生长。

4. 所谓适宜的群体结构,就是环境因子适宜个体与群体的生长,但是有些海区的环境

因子限制了栽培海带的生长。如山东南海岸,有些县社的栽培海区,水浅,流小,水温、光照变化大,个体生长受到限制,就要使群体有足够的株数,发挥群体增产潜力。在平挂中扩大行距,加长苗绳,扩大绳距,采用上密下稀夹苗法(水太浅下端不夹)。或者采用苗绳叠挂,或平垂栽培。

5. 间养套种: 利用海带和贝类(扇贝或贻贝)进行套养,可以改善海带和贝类的生态条件,促进贝、藻生长,充分发挥水体生产力,提高复合群体产量。在里区扩大栽培海带的绳距为1—1.2米,中间垂挂贝类。在大量的海带栽培中,可采用区间间养。