

## 南黄海浅层声学地层的初步探讨\*

秦蕴珊 赵一阳 郑铁民 唐宝珏

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

J. D. Milliman

(美国伍兹霍尔海洋研究所)

**提要** 利用数字地震仪、地质脉冲仪和 3.5kHz 浅层剖面仪测量结果显示: 南黄海地层可分为三个大层组, 即第四系、上第三系和下第三系(或第三系以前的地层)。它们分别沉积在南、北两个沉积中心中, 这两个沉积中心始终控制着盆地的沉积。在盆地发展过程中, 西部大陆的物质一直是盆地沉积的主要物质来源。第四纪时, 黄河已经显示了它对南黄海影响的主导地位。无论是第三纪还是第四纪沉积物均以陆相为主。第四纪的地质历史是复杂多变的, 至少有两次以上的成陆过程。

近年, 中国科学院海洋研究所与美国伍兹霍尔海洋研究所合作对南黄海进行了地质调查与研究。合作的重点之一是利用数字地震仪、地质脉冲仪、浅层剖面仪等对南黄海地质的薄弱环节——浅地层结构开展系统的测量(图1)。1983及1984年两个航次的测量结果, 不仅对探索南黄海沉积史有理论意义, 而且为揭示南黄海石油开发区的地质背景提供了科学依据。

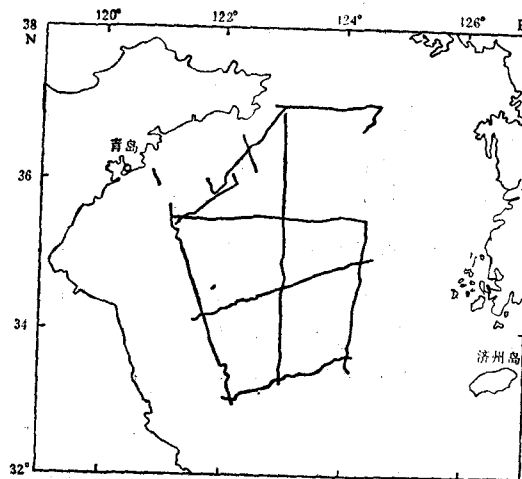


图1 调查航迹图

Fig. 1 Navigation chart

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1468号。  
收稿日期: 1987年10月8日。

## 一、地震声学层组的划分及其特征

据两秒地震记录图谱,南黄海浅地层自上而下可概略地分为三个层组:第一层组各层面近乎水平,清晰,延续性好,可以连续追踪,该层组的厚度在各层组中最小,最大厚度仅 300 余米,但分布面积最大;第二层组各层面略有起伏,但仍然近于水平,只是局部地区和上层组之间略有轻微的不整合关系;第三层组为一套反射信号最强的地层组成,起伏大,延续性差,它在区内反映出几个大型的隆起和拗陷,在隆起区附近可以明显地见到它和上覆层组间的不整合关系,而在拗陷区两个层组间的关系并不十分清楚,只能根据反射面的强度来粗略地判断和区分两者。依据第三层组所反映的大型拗陷来看,南黄海沉积盆地由南、北两个次一级的盆地组成,从第二层组地层大规模超覆第三组地层来看,在盆地发展的后期,由于整体沉陷而最终合并成一个统一的沉积盆地。图 2 为调查区的一段地震剖面记录,明显地显示了盆地各层组间的垂向分布及各层组间的关系。

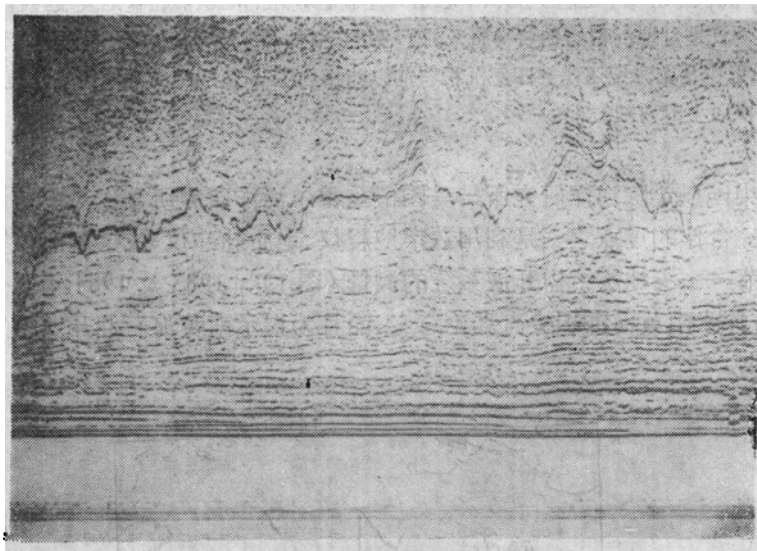


图 2 南黄海地震记录

Fig. 2 Profile of acoustic seismic record in the South Huanghai Sea

近年来,南黄海一带初步钻探和地球物理研究结果表明,南黄海沉积盆地的西界可延伸到苏北一带,并组成一个大型统一的沉积盆地,称为苏北-南黄海沉积盆地。元古代时,它属于扬子地台的一部分<sup>[1]</sup>,震旦纪遭受海侵,整个古生代一直到晚三叠纪基本上处于持续沉降和接受沉积的状态,印支运动使它褶皱隆起并伴随着断裂和岩浆活动,出现充填性沉积,开始了苏北-南黄海沉积盆地的萌芽。燕山运动之后,随着大规模岩浆侵入和火山喷发,断陷进一步扩大,并沉积了河湖相及火山物质为主的一套上白垩和下第三纪沉积,为沉积盆地的形成奠定了基础,但这时它仍和扬子地台其它沉积盆地有一定的联系。喜马拉雅运动之后,由于周围盆地褶皱隆起,苏北-南黄海才真正作为一个独立的沉积盆地存在,接受了大量陆源物质的沉积。据估计,仅新生代沉积层厚度就可达 4000—7000m<sup>[3]</sup>,如加上白垩系则可超过 7000m<sup>[2]</sup>,所以苏北-南黄海是以新生代沉积为主的沉积盆地。

据上所述, 我们认为地震记录上的第一层组应为第四系; 第二层组为上第三系; 第三层组为下第三系或下第三系以前的地层(可能包括中生界、古生界以及前古生界)。在两秒地震记录中的隆起区, 我们所见的主要是中生代以前的地层; 在拗陷区则主要是下第三系的一部分。

## 二、沉积盆地基底轮廓和第三系

从两个航次调查以及 K. O. Emmery 1968 年的调查资料可知, 第三层组顶部反射面的分布大体上反映了苏北-南黄海沉积盆地的基本轮廓(图 3), 即以新生代地层为主所构成的沉积盆地: 主体部分集中分布于  $124^{\circ}\text{E}$  以西的南黄海海域, 向边缘, 尤其是向山东半岛和朝鲜半岛的方向迅速抬升, 尖灭。盆地中部有一个 NEE 向的隆起, 把盆地分割成南北两个部分, 即两个次一级的盆地, 均为 NE 向, 因东西错开而呈“多”字形排列, 以  $122^{\circ}\text{E}$  的经线为界, 北边的盆地向东延展; 南边的则向西伸向苏北, 并和苏北一带的新生代沉积连成一体。南北均有东西两个沉积中心, 埋深都超过 1500m。

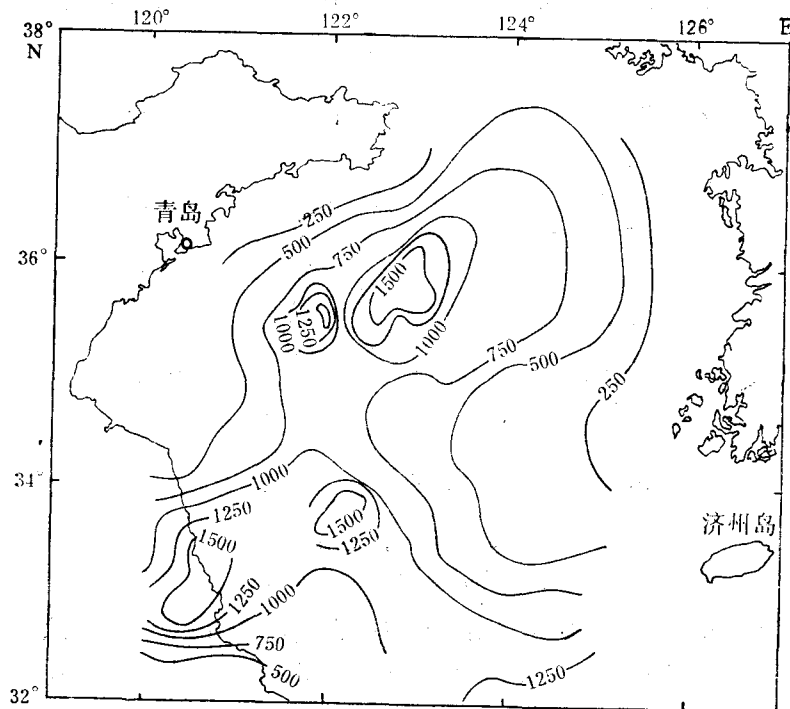


图 3 新生代沉积盆地及上第三系底界深度(m)

Fig. 3 Neozoic sedimentary basin and the depth of bottom boundary of Neogene (m)

由图 3 也可知上第三系在南黄海的分布轮廓及底界的埋藏深度。可以想象得到由于中部隆起的存在, 势必形成南北两个部分在岩性、岩相和沉积厚度等特征上的差异, 而钻孔资料初步的研究也证实<sup>[3]</sup>, 在下第三系两部分的差异比较明显, 如南部盆地渐新统的下部含煤, 厚 169—222m, 上部缺失; 北部下部则富含钙质沉积和介形虫, 厚 490—790m, 上部为一套含石膏的棕红色砂泥岩沉积, 厚 150—210m。我们认为, 随着南北两个部分沉积

厚度的增大,中部隆起高度的减小,南北差异也在缩小,可能到了晚第三纪的中晚期,由于整个南黄海地区的整体沉降,南北两个部分的明显差异才最后消失,从而组成了一个统一的巨大的苏北-南黄海沉积盆地。在盆地发育的初期,显然南北两个次一级的盆地是主要的沉积场所,中部隆起则受到侵蚀,成为物源区;但从隆起区第三层反射界面来看,隆起区受到的侵蚀并不十分强烈,所以可以认为,南黄海巨厚和大范围沉积物的形成,主要的物源并不是邻近的隆起区,而是大型河流从西部大陆输入的结果。从该区的地质发展史看,南北两个沉积中心的形成在以后的沉积过程中一直起着积极的作用。

### 三、第四系的分布特征

第四系的分布和盆地的轮廓大体一致。在调查区内它的厚度一般均超过100m,东薄西厚,且有向西增厚的趋势,在苏北海岸附近,最大厚度超过300m。第三纪的沉积中心附近,第四系的厚度也引人注目,只是具体的部位和形状略有差异(图4)。这说明第四纪时南北两个沉积中心附近的沉降速度和物质的供给仍然比周围其它海区大;同时,也暗示了在第四纪期间从苏北方向进入海盆的物质可能占据着主导地位,其次才是其它方向的输入物。

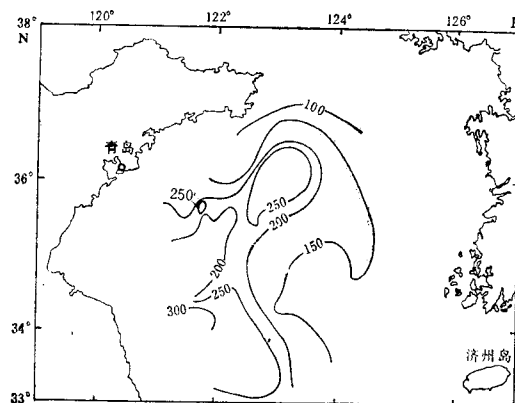


图4 第四系厚度(m)

Fig. 4 Quaternary thickness (m)

在地震记录剖面上,第四系是清晰而且单调的图谱,但在浅地层剖面仪的记录上,它则是一组复杂多变的图象,如河流相沉积形成的大型前积层、交错层和各种形态的埋藏古河道;海、湖相沉积形成的水平层理;起伏不平的多次侵蚀面等各种古地质体。它们纵横交错、复合叠加,反映了复杂的环境演变和沉积过程。

关于第三系的沉积相,已有过一些报道,即它是以陆相沉积为主的一套地层,而第四系,据剖面反映,河流相等陆相沉积仍占较大比例,说明南黄海的第四纪沉积还是以陆相为主。

### 四、晚更新世侵蚀面的分布特征

在第四系古地质体中,引人注目的是古侵蚀面的存在,该面以上的地层产状有水平

的,也有斜交的,后者往往可以明显地见到大型的交错层和强烈割切的古河道和河流相沉积。它的出现为探讨第四纪历史的演变提供了依据,特别是为南黄海几次成陆提供了证据。在调查区,这种侵蚀面可以见到两层,有时能见三层,说明了南黄海至少有两次以上成陆的历史。可能由于保存、埋深和记录等方面的原因,只有最顶部的一层可以连续追索和对比。显然,这是第四纪时最末一次冰期——玉木冰期黄海出露水面,并在大陆条件下形成的侵蚀面,所以时代应属于晚更新世。侵蚀面有些起伏,其初步测量的结果表明(图5),它埋藏深度有随现在海水变深而增大的趋势,距海面深度的等值线也和海域的轮廓相

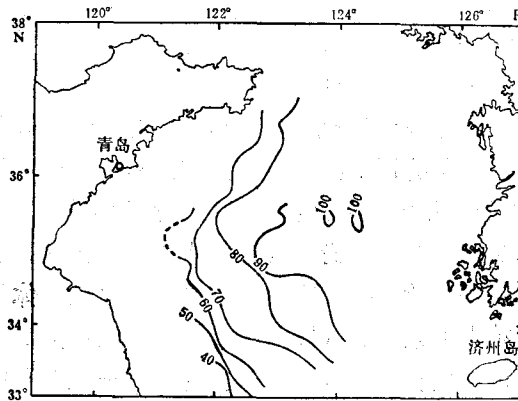


图 5 晚更新世侵蚀面埋深(m)

Fig. 5 Depth to Late Pleistocene erosion surface (m)

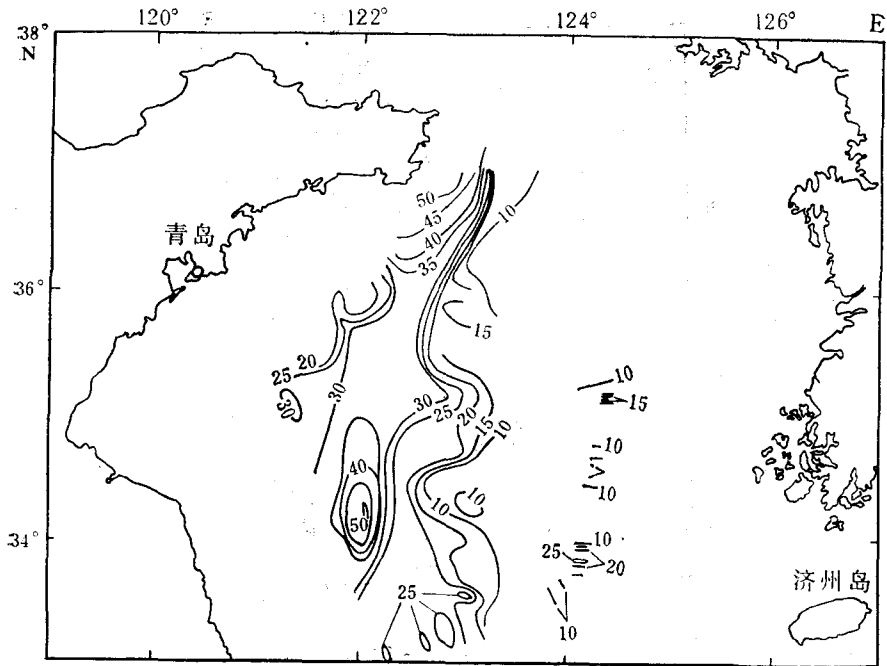


图 6 晚更新世侵蚀面以上的沉积层厚度(m)

Fig. 6 Sediment thickness above Late Pleistocene erosion surface (m)

似。在调查区内,它最浅的埋藏区位于苏北海岸附近,距水面约 40m; 最深处在南黄海中部 $124^{\circ}\text{E}$  附近,距水面的深度超过 100m。上述特征说明了晚更新世时,南黄海盆地地形轮廓和坡度变化趋势已经和现在相近。

至于晚更新世侵蚀面以上的地层厚度,在近中国大陆附近厚度最大,南黄海中部以东的海域除了古河道上出现较厚沉积之外,一般较薄。最大厚度超过 50m 的地层位于调查区的西北部和西部,接近于老的沉积中心,但位置略偏北(图 6)。这清楚地反映出两个方向物源区对它的影响:一个是苏北一带,一个是北黄海方向。后者主要是黄河物质的沉积,即黄河入渤海之后,排入海中的物质除了沉积于渤海之外,一部分进入北黄海并沉积于调查区,其中大部分又集中沉积于海区的西北部。苏北一带的物质来源除了黄河之外,还有长江的影响。这在记录剖面上可观察到若干迹象,如有时可以看到两个不同方向的大型前积层,一个主要方向是东;另一个主要方向是北。两个不同方向沉积构造的出现,显示了黄河和长江对海区沉积的影响。从不同方向沉积构造出现的比例来看,长江对南黄海的影响较弱,而起主导作用的是黄河。这种以黄河为主的沉积作用,和今日的现状是相似的。海水中悬浮体是沉积物的前身,现在海水中悬浮体含量和分布能很好地指示物源区对海域沉积的影响。据南黄海悬浮体测量结果表明,悬浮体的高值区主要分布于苏北(老黄河入海区)和山东半岛东南部(图 7),前者为已沉积的黄河物质的再悬浮和再搬运,后者为现在黄河入海物质在本海区的扩散。这说明现在沉积的主要物质均和黄河有关。

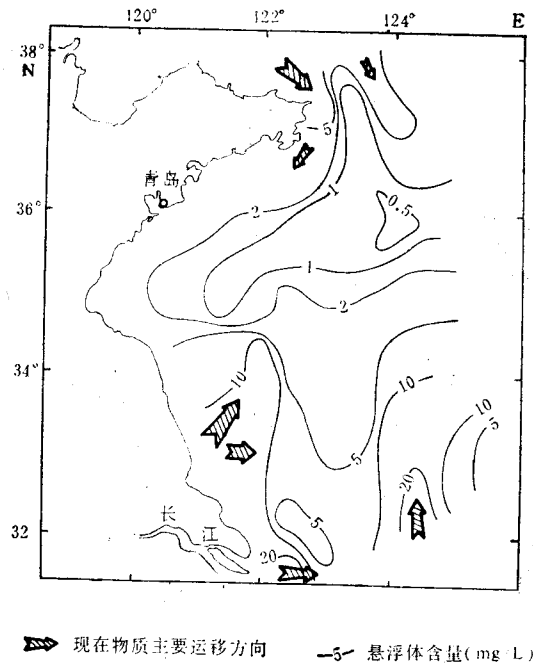


图 7 夏季底层海水中悬浮体含量分布(mg/L)

Fig. 7 Distribution of suspended matter in the bottom water in summer (mg/L)

## 五、晚更新世侵蚀面以上地层的沉积特征

本地层,按其沉积特征可分为上、下两部分。

**1. 下部** 属于晚更新世-早全新世沉积。晚更新世沉积是海退期处于陆地条件下形成的以砂等粗粒物质为主的一套地层;而早全新世沉积则是海进时形成的,可能是海进时改造了部分原来的沉积物而形成的新的沉积层,它对声波的吸收和反射的性质比较接近于前者,只是在沉积构造方面略有区别,相反和上覆地层则明显不同。此外,它的沉积厚度较小,难于和底层分开,所以把两种不同环境沉积的地层归成一组,称为晚更新世-早全新世沉积层。这一组沉积层的厚度较薄,一般均小于15m,最厚为30余米(图8)。有时它埋深很浅,甚至露出海底。出露海底的部分习惯上称为“残留沉积”。这套地层的主体部分主要反映了南黄海最后一次成陆期间的沉积特征。

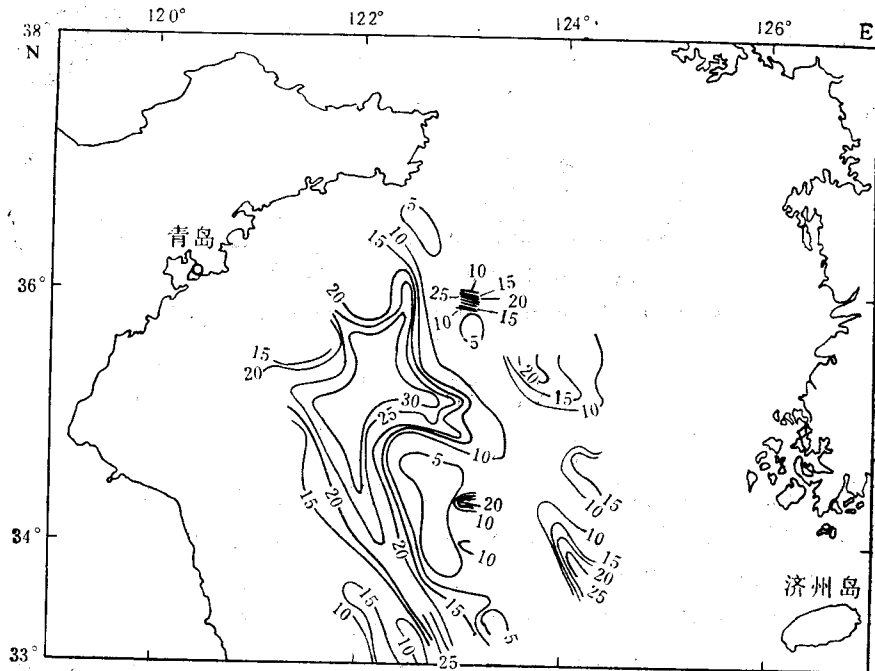


图8 晚更新世-早全新世沉积层厚度(m)

Fig. 8 Thickness of Late Pleistocene-Early Holocene sediment (m)

**2. 上部** 属中-晚全新世沉积。这是本区最年轻的一套地层,顶部直接出露海底,绝大部分沉积物由粉砂和粘土组成,海侵最盛期到现在所形成的一套海相沉积地层,习惯上称为全新世沉积或现代沉积,是海洋地质调查过程中研究最多的沉积物。目前沉积作用仍在进行,最大厚度超过40m,集中分布于山东半岛的东端,几乎是紧贴海岸(图9);其次是苏北海岸附近,最大厚度超过20m。在上述的两个海区,都可以清楚地看到正在延伸的前积层。现代沉积层的分布并不均一,一般厚度在2—5m之间,有的海区甚至几乎不存在现代沉积的影响。悬浮体的测量结果进一步阐明了南北两个物源区的影响,另一方面还可以看到,虽然西北海区早期的沉积中心附近沉积强度较小,但从图9可见已经出现了

沉积物向那里移动的趋势。

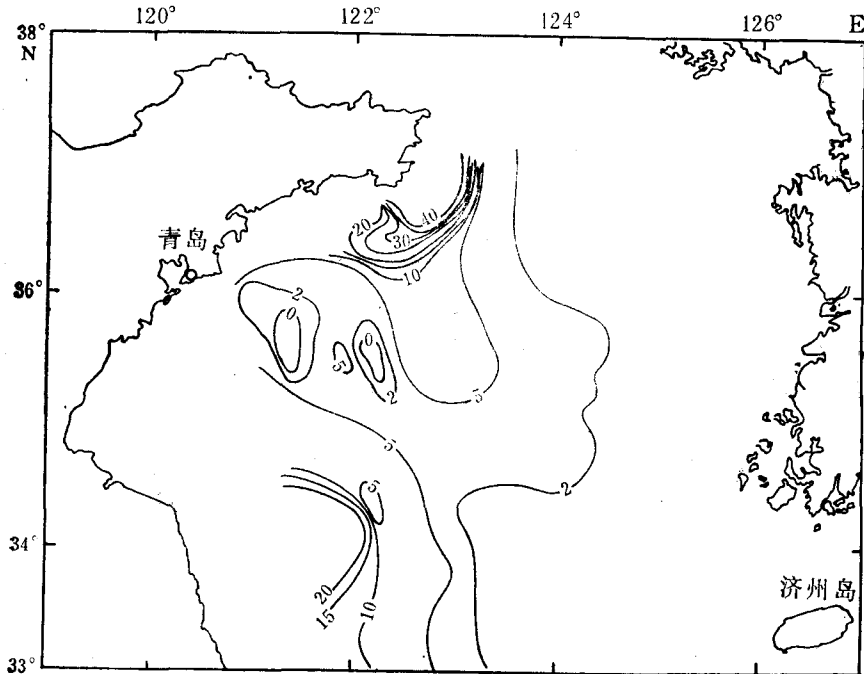


图 9 中-晚全新世沉积层厚度 (m)

Fig. 9 Thickness of Mid-Late Holocene sediment (m)

## 六、结 论

从以上所述可以得到以下几点认识。

1. 南黄海沉积盆地由南、北两个拗陷组成, 在新生代沉积盆地发育过程中, 这两个沉积中心始终控制着盆地的沉积, 即使中部隆起已经消失, 南、北形成统一的沉积盆地之后, 仍然对盆地的沉积产生一定的影响。
2. 在盆地发展过程中, 西部大陆的物质一直是盆地沉积的主要物质来源。在第四纪时, 黄河已经显示了它的主导地位, 而长江则和今日一样, 对南黄海的沉积只产生次要的影响。所以, 南黄海沉积的基本格架早已存在。
3. 无论是第三系还是第四系, 南黄海的沉积以陆相占优势。
4. 南黄海第四纪地质历史是一个复杂多变的过程, 至少有两次以上的成陆历史, 经受了河、湖、海等多种地质营力的作用。

## 参 考 文 献

- [1] 王尚文, 1983. 中国石油地质学. 石油工业出版社.
- [2] 刘宗云, 1984. 南黄海盆地新生代介形类及地层研究. 海洋地质与第四纪地质 4(1): 59-65.
- [3] 柴利根、王舒敏、宋岳雄等, 1982. 南黄海构造体系与油气远景评价, 海洋地质研究 2(2): 9-19.



## A STUDY OF SHALLOW ACOUSTIC STRATIGRAPHY IN THE SOUTH HUANGHAI SEA\*

Qin Yunshan, Zhao Yiyang, Zheng Tiemin, Tang Baojue

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

and

J. D. Milliman

(*Woods Hole Oceanographic Institute, U. S. A.*)

### ABSTRACT

A joint project of marine geology in the south Huanghai Sea was conducted by the Institute of Oceanology, Academia Sinica and the Woods Hole Oceanographic Institute, USA during 1983—1984. In the investigations, side-scan sonar, low-frequency (3.5 kHz) echosounder, high-resolution Geopulse system, and digital seismic system were used to gain some new knowledges about shallow stratigraphy.

1. On the basis of the seismic profiles (2 second record) the shallow strata of the seafloor can be mainly divided into 3 units: Quaternary (upper layers), Neogene (middle) and Eogene or pre-Eogene (lower) sequences. A prominent upper erosional surface is assumed to be Late Pleistocene in age and many buried channels apparently indicate the Huanghe River courses during lower Pleistocene sea level.

2. The sedimentary basin of the south Huanghai Sea consists of two depressions, one in the north, one in the south of the sea. Those depositional centres generally control over their sedimentation during the basin's development. If the central uplift disappeared, the two depressions were unified into a large basin as shown in the present.

3. The depositional material was mainly derived from the continent. Huanghe River was the dominant sediment source and the Changjiang River the second during Quaternary, the same as of today. So there was already a basic outline of the south Huanghai Sea basin in the past.

4. Continental sedimentation was also dominant during Tertiary and Quaternary in the south Huanghai Sea.

5. Quaternary history of the south Huanghai Sea is a complex and changeable process. At least twice was the land and subjected to the attack by river, lake, sea and other geological actions.

\* Contribution No. 1468 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.