

**编者按:** 作者对晚更新世末期我国陆架的地质环境提出了新的看法,现予以刊登,热诚欢迎学术界开展讨论,以推动学科发展。

## 晚更新世末期中国陆架沙漠化 及其衍生沉积的研究\*

赵松龄

(中国科学院海洋研究所,青岛 266071)

**提要** 根据中美联合调查的浅地层剖面仪记录,经室内分析结果表明,晚更新世末期,影响渤、黄、东海环境变化的动力因素是古季风活动;古季风活动的结果,使陆架部分地区发生沙漠化,并产生一系列衍生沉积;内陆架区的辽东浅滩、苏北浅滩、台湾浅滩有可能都为埋藏沙漠体;位于渤海海峡中的庙岛列岛,以及蓬莱西部的黄土沉积,为渤海中部沙漠化的衍生沉积;位于南京附近的黄土沉积,为苏北浅滩的衍生沉积;山东半岛和华北平原为继承性的干旱化环境;陆架区各类沉积物间具有一定的亲缘关系。

对南黄海地区 3 000 多公里长的浅地层剖面仪测量记录的分析研究发现,晚更新世末期的黄海陆架,在部分地区曾发生过沙漠化,并且还相应地产生一系列衍生沉积。这有可能是构成所谓残留沉积的物质基础。本文将对这一问题作较详细的讨论。

### 一、陆架环境

晚更新世末期,世界气候逐渐进入玉木冰期最盛时期,温度降低、气候寒冷、冰川发育。在北美出现劳伦泰德冰原,欧洲形成斯堪的纳维亚冰原,南极洲冰盖得到新的补充和扩展。由此可以看出,在北半球的三大洲中,唯有亚洲大陆未能形成冰原环境。据弗林特的计算,当时世界冰川面积达 4 000 余万平方公里,全球的冰储量超过 7 000 万  $\text{km}^3$ (目前尚存 3 000 万  $\text{km}^3$ ),也就是说,冰期时的海洋至少失去了 4 000 万  $\text{km}^3$  的水体,这个数量足以使世界洋面普降 132m。来自东海陆架的研究资料证实,当时海面至少要下降 130m<sup>[10]</sup>。

从上述讨论可知,玉木冰期最盛时期的渤海、黄海已全部出露,东海和南海的部分陆架出露,其总面积超过百万平方公里。如此巨大的陆架区的出露(主要由沙和泥组成的松散沉积物),变成富含盐分的荒漠之地,为陆架沙漠化的形成创造了条件。

冰期时,大陆性气候显著增强,冻土带南移,喜冷动物群南迁。在渤海、北黄海、南黄海,以及东海陆架的北部都有所发现,最南部可到达朝鲜海峡、日本男女列岛附近。这些

\* 国家自然科学基金资助项目。  
收稿日期: 1990 年 5 月 10 日。

喜冷动物化石群的发现(猛犸象、原始牛、披毛犀等),也同时证明当时陆架区的气候是十分寒冷的。此外,古亲潮的南下,也有可能使陆架区的温度进一步降低。

来自蒙古高压的古季风气流和现代季风气流一样,在进入东海陆架区以前,往往显示为西北风向,由于在行进过程中受到地球自转力的影响,而按顺时针方向偏转,经过山东半岛以后,已转化为北风和东北风。由蒙古高压带来的冷而干气流的转向变化,对于黄、渤、东海陆架区沙漠化环境的形成和一系列衍生沉积物的出现,有着十分重要的影响。

寒冷的冰期气候,使大洋水温明显降低,有可能使台风的形成失去了源地(目前需要 $29^{\circ}\text{C}$ 以上的水温);黑潮路径的南移,有可能使黄、渤海陆架区失去了更多的降水;气旋型降雨带的东移,使华北平原和黄、渤、东海陆架降水量减少。随着陆架区降水量的减少和降水形式的改变(以固态为主),有可能使流入陆架区河流的径流量发生变化,而会产生下列不同的情况: 1. 随着东海海面的降低,入海口跟着降低,河床在陆架区得到延伸; 2. 由于河流径流的显著减少,河流不能随海面的降低而向陆架延伸,相反会出现后退现象; 3. 河流只能有限地向陆架延伸,而消失于陆架沙漠化环境中; 4. 有的河流可能完全消失; 5. 陆架区还可发育新的临时性的规模不大的冲沟、河流。长江与黄河分别属于哪种类型,尚有待进一步探索。

在冰期气候时期,风的吹蚀作用不仅是亚洲大陆上的主要外营力,也是当时陆架区的主要外营力。在玉木冰期最盛时期,我国北方发育了厚层风成黄土沉积,由于陆架区也具有

同样的气候条件(同为亚洲大陆的一部分),因此也应当产生类似的黄土沉积。事实上,在陆架及其邻近地区已经发现了若干黄土沉积区,它们很可能分别属于其邻近地区沙漠化沉积的衍生沉积物。

很明显,冰期时期得不到植被保护的陆架区,在强有力的风暴作用下,势必要改造原有的沉积地层,产生新的沉积分异作用,塑造出新的陆相沉积序列。按照浅地层剖面仪的记录,作者发现有多种陆相沉积类型,如风成沙丘、沙丘链、沙丘群、厚层“休止角”型结构,也有厚层沙漠化的衍生沉积,它们依次排列具有

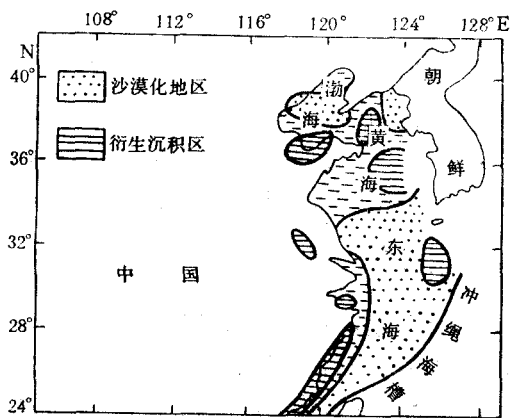


图1 陆架沙漠化沉积及其衍生沉积示意

Fig. 1 A sketch map of desertized and derivative sediments in China's shelf area

一定的分布规律。作者认为,它们既是陆架沙漠化的记录,也是古季风活动的有力佐证。

根据目前掌握的浅地层记录和其他有关地质资料,可以将中国陆架区划分为几个沙漠活动区和与之相对应的衍生沉积区(图1)。

与图1沙漠化地区有关的衍生沉积区可划分为三种类型: 1. 完全埋藏型,主要分布在北黄海中部、南黄海北部及济州岛西南部,在海底底质图上,显示为泥质沉积, $^{14}\text{C}$ 测年往往集中在距今1.5万年左右; 2. 部分埋藏型,以渤海海峡附近的庙岛列岛上的黄土沉积及蓬莱以西的黄土沉积为代表; 3. 完全出露型,以南京附近的下蜀黄土为代表。

## 二、陆架沉积分区

### 1. 渤海沙漠区及其衍生沉积区

从今日渤海海底的辽东浅滩到河北昌黎附近的沙丘活动带, 在晚更新世末期可能为统一的渤海沙漠活动带, 与该沙漠活动带相对应的衍生沉积区, 位于自庙岛列岛南部、山东蓬莱林格庄向西, 经黄县平原到莱州湾西南, 进入寿光县境内的黄土沉积区, 部分沉积物被海水淹没。辽东湾—莱州湾之间为郯庐断裂带, 全新世海侵后, 该带仍持续下沉, 源于黄河和辽河的细粒物质, 在断裂带内沉积起来, 形成辽东浅滩和昌黎沙丘群间的泥质条带沉积, 并且把过去统一的沙漠体一分为二。其东侧即为辽东浅滩, 西侧为昌黎附近沙丘沉积和水下沙质沉积。来自浅地层剖面仪的测量记录显示, 渤海中部确实发生过沙漠化, 形成了厚层复杂的沙丘型结构(图 2)。

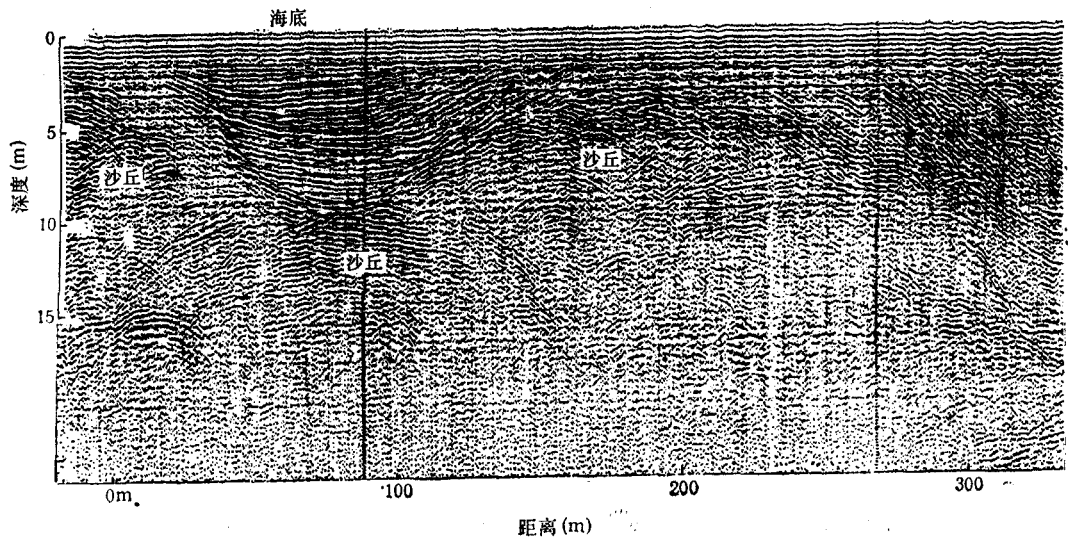


图 2 渤海中部的埋藏沙丘群(夏东兴图)

Fig. 2 Buried dune group in the central region of the Bohai Sea

当玉木冰期逐渐进入最盛时期时, 海水退出渤海, 寒冷的北风、西北风, 有时为东北风带来了冷而干的气流, 将海退后的沉积物, 进行了搬运、分选、吹蚀、沉积与再沉积, 这一过程就是陆架发生沙漠化和产生衍生沉积的过程。十分明显, 由风力而产生的沉积分异作用, 将原来海相沉积物中的细粒部分(包括微体化石群) 带到较远的地方沉积下来, 而较粗的物质搬运距离较近, 于是便形成了沙质沉积区和泥质沉积区。沙质沉积主要分布在辽东浅滩和昌黎附近(水上和水下沙质沉积)。此外, 渤海中部  $B_{c-1}$  孔的晚更新世末期地层, 也显示为沙质沉积特征<sup>[1]</sup>。位于渤海沙漠体南翼的黄土沉积, 不仅粒度组成较粗, 其中还含有多种有孔虫壳体<sup>[8]</sup>, 证明该处的黄土沉积与渤海中部的沙质沉积有一定的亲缘关系。从黄土中所含钙核的  $^{14}C$  测年来看, 发现它们的年龄集中在距今 2—1 万年间。如庙岛列岛中, 北长山岛庙村黄土年龄为距今  $12\ 070 \pm 130$  年; 大钦岛南村附近为  $23\ 100 \pm 400$  年; 北长山岛珍珠门灯塔附近为  $19\ 380 \pm 320$  年; 大钦岛东村古沙丘上部钙核年龄为

17 830 ± 240 年;蓬莱林格庄剖面上部年龄为 18 310 ± 423 年<sup>[2,8]</sup>。由此可知,这些黄土结核形成的年龄均在上亚间冰期海退发生以后,即相当于玉木冰期最盛时期(渤海完全出露时期),同样证明渤海陆架沙漠化及其衍生沉积形成于晚更新世末期。

### 2. 北黄海沙漠活动区及其衍生沉积区

在北黄海海域内,西朝鲜湾发育大面积沙质沉积,在北黄海中部沉积了较细的物质,构成了泥质沉积区。该泥质区的一些 <sup>14</sup>C 测年资料,同样发现它们的年龄也在距今 2—1 万年间,如北黄海 H80-23 孔,位于水深 55m, 38°39.3'N, 122°40'E(恰好在泥质沉积区的中部),孔深 170—180cm 处 <sup>14</sup>C 年龄为距今 11 690 ± 300 年; 175—210cm 处为 14 130 ± 140 年; 210—285cm 处为 14 400 ± 150 年<sup>[2]</sup>,以上年龄也与玉木冰期最盛时期相当。值得注意的是,在山东半岛东端,柳乔红层的上部也发育有薄层黄土沉积。作者认为,该处的黄土沉积可能与北黄海中部的泥质沉积属同期形成。

### 3. 南黄海沙漠活动区及其衍生沉积区

从鸭礁、苏岩、虎皮礁向北,进入黄海槽,其槽口为沙质地貌发育区。晚更新世末期,相当于玉木冰期最盛时期,那里曾是亚洲大陆的一部分,在风的吹拂作用之下,曾发育一些典型的沙丘,至今仍埋藏于海底(图 3)。

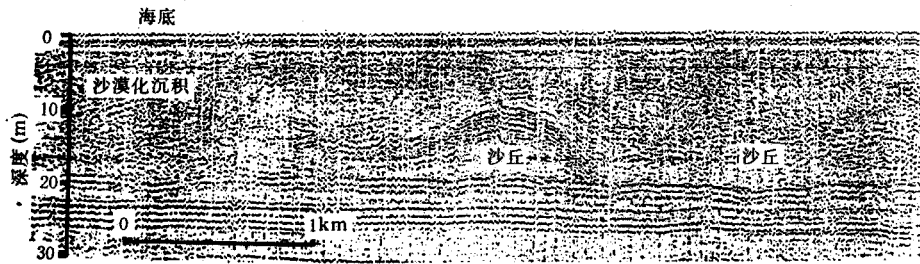


图 3 黄海槽口附近埋藏沙丘断面记录谱

Fig. 3 Profile of Buried dune group in the mouth of the Yellow Sea Trough

从黄海槽口地区向北,相当于浅地层剖面仪记录 84-4 剖面第 31 号测站到 45 号测站之间 (34°50'N—35°26'N, 123°E), 该处为“风蚀基面”和“休止角”型沉积结构发育区(图 4, 5)。

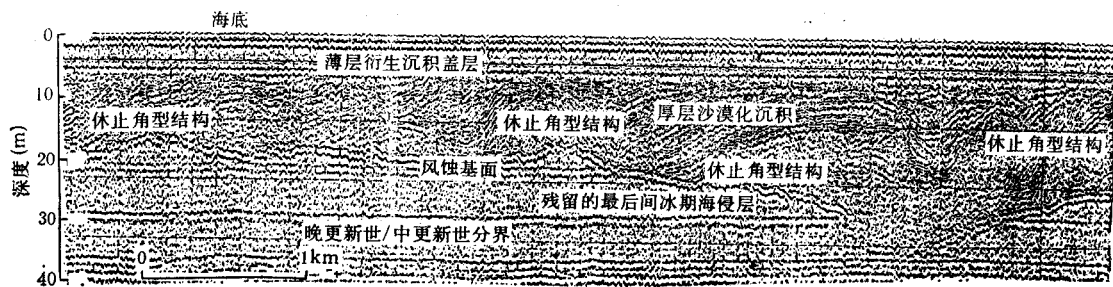


图 4 黄海槽内沙漠化沉积断面特征

Fig. 4 Profile of desertized sediment in the Yellow Sea Trough

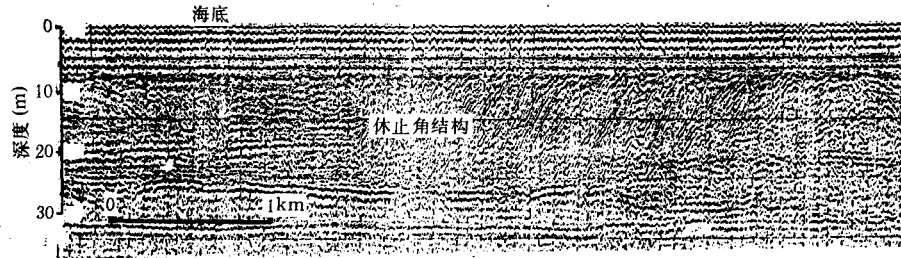


图 5 黄海槽中部的“休止角”型沉积结构

Fig. 5 Sedimentary texture of “repose angle” type in the central region of the Yellow Sea Trough

图 4 中,晚更新世/中更新世分界保存较好,仅在右侧部分地段被晚更新世末期形成的风蚀基面所切断;起伏不平的侵蚀面即为风蚀面,其下残存着最后间冰期海侵时发育的地层。玉木冰期时发育的地层(其中包括两次亚间冰期海侵地层和界于其间的海退时期发育的地层),显然已经过风力掀起、搬运、分选、沉积与再沉积,形成了带有大倾角的“休止角”型沉积结构,表明当地确实发生过沙漠化。图 4 的上部为具有水平层理的薄层全新世海侵沉积,其沉积结构与下层明显不同。

图 5 为具有大倾角平行斜层理结构,为典型的“休止角”型沉积特征。图的左侧还残存着晚更新世地层,图的中部和右侧的记录表明,那里曾遭受过晚更新世末期的风力吹蚀、搬运、分选、沉积,留下了沙质沉积所特有的“休止角”型沉积结构,说明当地也曾发生过沙漠化。

与上述沙质沉积相对应的衍生沉积(泥质沉积),位于  $36^{\circ}12'N-36^{\circ}58'N$ ,  $123^{\circ}E$  之间,相当于槽坡沉积。从浅地层剖面仪的记录来看,这里为稳定的衍生沉积区,平行层理十分发育(图 6)。通过地层对比,已经发现图 6 附近的晚更新世末期的衍生沉积具有较大的厚度,某些地区已超过 30m。对衍生沉积区一些钻孔的  $^{14}C$  测年证明,它们形成于晚

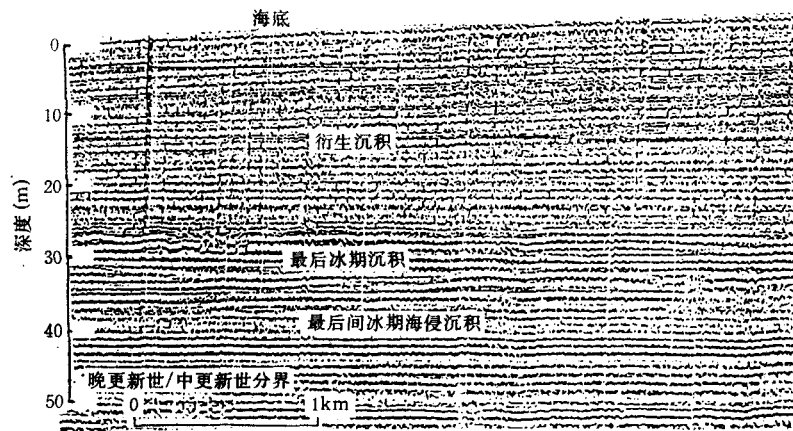


图 6 黄海槽北部的厚层衍生沉积

Fig. 6 Thick derivative sediment area in northern region of the Yellow Sea Trough

更新世末期,如 H80-11 孔,位于水深 73m,  $35^{\circ}\text{N}$ ,  $122^{\circ}50'\text{E}$ , 表层  $^{14}\text{C}$  年龄为距今  $10\,440 \pm 320$  年; 130—160cm 处为  $11\,560 \pm 270$  年; 160—190cm 处为  $12\,090 \pm 230$  年。又如 H80-13 孔, 位于水深 71m,  $36^{\circ}\text{N}$ ,  $123^{\circ}\text{E}$ , 表层  $^{14}\text{C}$  年龄为距今  $11\,040 \pm 140$  年; 孔深 400—420 cm 处为  $19\,700 \pm 600$  年<sup>[2]</sup>。由此可见,南黄海泥质沉积区的年龄也恰好在距今 2—1 万年间,与上述两个衍生沉积物的时代相当。

#### 4. 苏北浅滩沙漠活动区及其衍生沉积区

近年来,随着海上地球物理测量资料的积累、船载浅地层剖面仪测量资料的应用,以及海相地层对比和古岸线分布位置的探索所获得的新的信息,使作者对目前一般研究者所认为的“苏北浅滩”为古长江—古黄河三角洲沉积体系<sup>[2]</sup>有了不同的看法,认为: 所谓苏北浅滩乃为中更新世后期逐渐发展起来,却又为全新世海侵所淹没的沙漠体。

从苏北浅滩的地质基础来看,它位于勿南沙隆起区<sup>[7]</sup>。在苏北浅滩的东端,相当于  $33^{\circ}20'\text{N}$ ,  $123^{\circ}\text{E}$ , 含有埋藏岛屿,并不具有所谓古长江三角洲前积沉积和底积沉积的特征。从苏北浅滩周围的钻孔来看,琼港孔、 $Q_{c1}$  孔— $Q_{c4}$  孔都未能发现有所谓古长江—古黄河沉积的任何典型征兆<sup>[5,9]</sup>。来自水深 18—30m 的浅地层记录表明,那里只有全新世海侵沉积,这与琼港孔的分析资料相一致。在全新世海侵前显示为继承性沙漠沉积(图 7)。

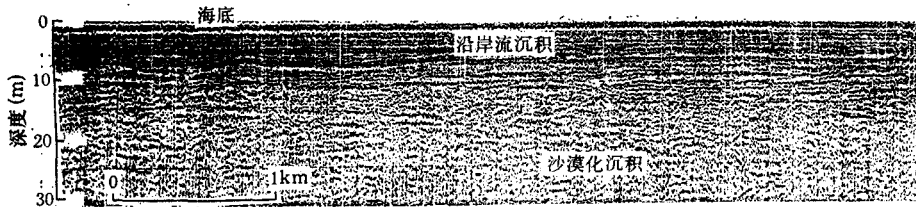


图 7 苏北浅滩继承性沙漠体剖面记录

Fig. 7 Profile of sequential desert body in the North Jiangsu Shoal area

图中除见有全新世海相沉积以外(上部色调发暗,且具水平层部分),其他时期的沉积物具有类似的结构;在南黄海到处可见的晚更新世/中更新世界面,在这里也难以查寻,表明苏北浅滩可能自中更新世末期开始已逐渐形成。

来自西北方向的季风,经过山东半岛以后,已转为东北风。由于东北风的吹颶作用,苏北浅滩沙漠体的衍生沉积,必然分布在它的西南方,所以南京附近的黄土沉积,应为苏北浅滩的衍生沉积物。南京附近的黄土以粉砂为主,含量占 51—78%,粘土只占 14—19% (与庙岛列岛的黄土组成相似),且具有自北而南逐渐变细的趋势<sup>[3]</sup>。从南京附近黄土的化学成分来看,具有以  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  为主,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  和  $\text{TiO}_2$  为次的递降序列<sup>[3]</sup>,与琼港孔岩芯 29.7m(相当于晚更新世末期)处的化学组成,具有类似的变化趋势(表 1)。

另外,对南京附近黄土中的石英颗粒作了电子扫描,发现许多颗粒的表面有撞击的痕迹,有的颗粒还带有沟槽,或呈麻点状,显示为风力搬运的特征<sup>[4]</sup>。

表 1 琼港孔 29.7m 深处化学成分百分含量

Tab. 1 Chemical contents of sediments at 29.7m depth of the Qionggang core

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>
68.71	13.67	3.72	2.05	1.43	1.43	0.99	0.85

### 5. 东海陆架沙漠活动区及其衍生沉积区

东海陆架区水较深,晚更新世末期海退较晚,而海进又早,所以陆架出露时间相对较短,沙漠化程度可能偏低。最近对泗礁岛的调查(舟山群岛北部),发现该岛风成沙的分布高度可达海拔 60m,系晚更新世末期形成的,沙体分布面积较大,厚达 10m 以上,由此可推知当时东海陆架的风力状况。台湾浅滩有可能为东海陆架上又一个独立的沙漠体。目前对东海陆架的浅地层结构了解甚少,还难以作出进一步的结论。与东海陆架沙漠化有关的衍生沉积可能有二,一为位于福建一带的老红砂沉积;二为位于济州岛西南部的泥质沉积。

## 三、结 语

随着船载浅地层剖面仪测量技术的问世,研究者可以在短期内获得大面积有关陆架浅地层结构的多种信息,对这些信息的合理提取,就可以查明陆架区各种沉积系列间的联系,从而为阐明这些沉积系列间的发生学联系提供新的依据。

中国陆架沉积物主要为晚更新世末期的沙漠化沉积及其衍生沉积,它们控制着中国陆架及其邻近地区的主要沉积类型,支配着中国陆架海底质分布的基本格局。全新世海侵后,由沿岸大、小河流形成的三角洲沉积和沿岸流沉积,往往又叠加于上述沉积体之上,使陆架沉积类型和底质分布特征更加复杂。至于全新世海侵后的悬浮体沉积、生物沉积、化学沉积,都是较为次要的成分,它们只能对上述沉积类型起着充填作用和加积作用。由于上述种种原因,而构成了今日陆架沉积的基本特征。

## 参 考 文 献

- [1] 中国科学院海洋研究所地质室,1985。渤海地质。科学出版社,61—222 页。
- [2] 刘敏厚、吴世迎、王永吉,1987。黄海晚第四纪沉积。海洋出版社,1—404 页。
- [3] 吴标云,1985。南京下蜀土的沉积特征。海洋地质与第四纪地质 5(2): 113—123。
- [4] 杨达源,1986。晚更新世冰期最盛时长江中下游地区的古环境。地理学报 41(4): 302—310。
- [5] 郑光膺,1989。南黄海第四纪层型地层对比。科学出版社,1—275 页。
- [6] 赵松龄、董太禄、苍树溪,1982。东海更新世末期最低海面的初步研究。黄东海地质。科学出版社,181—188 页。
- [7] 赵松龄、张宏才、黄庆福等,1983。长江三角洲地区上新世以来的古地理变化。海洋地质与第四纪地质 3(4): 35—45。
- [8] 秦蕴珊、赵一阳、陈丽蓉等,1989。黄海地质。海洋出版社,1—289 页。
- [9] 曹家欣、李培英、石宁,1987。山东庙岛群岛的黄土。中国科学(B 辑) 10: 1116—1123。
- [10] NiiNo, H. and K.O. Emery, 1968. Continental shelf sediments off northern Asia. *J. Sediment. Petrol.* 36: 152—161.

## CHINA SHELF SEA DESERTIZATION AND ITS DERIVED DEPOSITS DURING THE LAST STAGE OF LATE PLEISTOCENE

Zhao Songling

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071*)

### ABSTRACT

The author made a detailed analysis of data on the shallow stratigraphic profile of the Yellow Sea shelf with total length of more than 3 000 km, found that in the regression during the last stage of late Pleistocene, several areas on the shelf were desertized and holds that desert deposits and their derivative sediments constituted the base of the so-called "residual sediments" in the shelf areas of the East China Sea (including Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea).

### 1. Environmental conditions of the shelves of the East China Sea in the last stage of Late Pleistocene

The climax stage of the last glacial period began from about 25 000a B.P. The Mongolian high pressure became much stronger, and caused the characteristic monsoon climate in Eastern Asia. As drainage systems degenerated under the cold climatic condition at that time, rivers became shorter and narrower, and even dried up or disappeared. Therefore, fluvial process gave way to wind process, and the exposed shelf areas of loess sediments with sparse plants, were subject to strong deflation, and became desertized.

### 2. Desertization of the shelf areas of the East China Sea and its derived deposits

Eoliation was not only a major exogenetic force on land but also on the shelf region in the ice age. At the climax of the last ice-age, a thick layer of loess deposit was developed in northern China. The shelf region at that time had similar climatic condition and the same sediments. Because the shelf region was not protected by vegetation in the ice-age, primary deposit strata, under the intensive effect of wind storm, were naturally remoulded to produce new sedimentary differentiation and new series of land sediment.

(1) The desertized areas Much evidence of shelf desertization was obtained from the shallow stratigraphic profiling data on the shelves of the Yellow Sea and Bohai Sea.

1) The boundary of late/mid-Pleistocene sequences is well preserved and can be traced and correlated over wide areas.

2) As an indication of the high intensify of desertization, the transgressive sequence of the last interglacial period, well preserved for the most part, had the top surface cut by later deflation, and was characterized by relatively high relief in some places.

3) The transgressive sequences formed in the two interstadial stages of the last glacial period and the regressive sequence intercalated between them are mostly destroyed and replaced by



new desert deposits.

4) A series of about 30 m thick sand deposits with "steep repose-angle" were formed on the deflated base.

5) Dune chains and vast sand flats are widely found on the shelves.

6) A thin Holocene depositional sequence with horizontal beddings is completely preserved.

(2) The derivative deposition areas The derivative deposits from the desertized shelf areas of the East China Sea can be classified into three types: completely submerged, partly submerged and completely exposed ones.

1) Completely submerged type

The muddy deposit areas in the centre of the North Yellow Sea, in the northern part of South Yellow Sea and on the shelf area to the southwest of Jizhou (Cheju) Island are typical.

2) Partly submerged type

This type of derived deposits from the shelf deserts can be represented by the loess deposits distributed along the southeastern coastal areas of the Bohai Sea, such as those on Miaodao Islands and along the northwestern coastal zone of Penglai County.

3) Completely exposed type

The North Jiangsu Shoal was the largest desert in the western part of South Yellow Sea during late Pleistocene. As the ancient monsoon wind coming from Mongolian High Pressure Zone turned northeastward as it reached the eastern side of Shandong Peninsula, the dominant wind here was also northeasterly. Therefore, the derivative deposits of the North Jiangsu Shoal Desert must be distributed to the lee of it. They are the loess deposits in Nanjing and its adjacent areas.