

文章编号: 1006-6616 (2001) 04-0289-07

# 晚更新世末期东海北部古冬季风 盛衰变更的地质记录

赵松龄<sup>1</sup>, 于洪军<sup>2</sup>, 李官保<sup>1</sup>, 于丽丽<sup>1</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071; 2. 国家海洋局第一海洋研究所,  
海洋生态环境科学与工程国家海洋局重点实验室, 青岛 266061.)

**摘要:** 末次冰期最盛时期, 干、冷气候盛行, 渤海、黄海的大部分地区出现沙漠化, 形成众多的沙丘。随着干冷气候的减弱, 长江三角洲一带出现硬粘土沉积。冰消期的到来, 古季风活动的进一步衰退和海面的不断升高, 来自陆架区的东北风不再是干冷的气流, 而是湿度逐渐增大的冷湿气流, 出现了有利于沼泽发育的环境, 以致全新世海侵前夕往往形成薄层泥炭沉积。晚更新世末期以来古冬季风发生、发展和衰退过程与沙漠、硬粘土和泥炭层形成过程相对应。

**关键词:** 古季风活动; 硬粘土; 泥炭

中图分类号: P534.63<sup>+</sup>1

文献标识码: A

从距今 18ka 的末次冰期最盛时到沿海平原全新世海侵发生之前, 亚洲东部的古季风活动经历了盛衰变化, 从而使陆架及沿海平原环境发生了频繁有序的更迭, 组成了特有的沉积序列。

## 1 陆架沙漠扩张期

晚更新世末期, 距今 23ka ~ 12ka 期间, 全球气候发生急剧变化, 渤海、黄海的大部分陆架转化为大面积的陆地沙漠区, 形成沙漠环境, 风暴活动是当时陆架和沙漠区的主要动力<sup>[1, 2]</sup>。据董光荣的研究, 沙漠-黄土的边界带, 具极不稳定性。沙漠和黄土是在同一风力作用下的孪生沉积。因所在的生物气候带、地形和风力大小等条件的差异, 两者在空间上又具有明显的沉积分异: 上风向为以沙物质为主的流动沙漠区; 下风向以粉尘沉积为主的黄土区。在这两带之间存在着一个既有流沙堆积, 又有粉尘沉积的过渡带, 即所谓沙漠-黄土过渡带<sup>[3]</sup>。末次冰期最盛时, 出露了的海底平原, 在风暴的不断吹蚀之下, 至少在部分地区会发生解体, 出现了多种类型的沙丘和其它砂质沉积类型, 并在其下风头形成黄土沉积, 其典

收稿日期: 2001-08-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40076014、49894170)

作者简介: 赵松龄 (1936—), 男, 研究员, 博士生导师, 长期从事海洋第四纪地质、陆架古环境研究。

型的代表为辽东半岛、庙岛列岛、蓬莱黄县一带的黄土沉积<sup>[4~8]</sup>。值得注意的是,陆架与海岸地区的黄土,都含有少量来自海底的有孔虫化石群,这是与西部黄土高原地区的黄土不同的地方。与此同时,在黄海南部出现了范围更大的沙漠-黄土堆积群,典型代表地区:苏北浅滩一带以及长江三角洲全新世沉积以下的砂质沉积,在其下风头的沉积为南京一带的黄土和硬粘土沉积。古季风活动和其它自然现象一样也存在发生、发展、减弱与衰退等几个不同的发展阶段。最后冰期最盛时期,寒冷的冰期气候,使季风得到了加强,海退后的陆架地区和内陆一样进入沙漠扩张期,并在其下风头形成黄土沉积。在沙漠扩张期渤海、黄海陆架(包括部分东海陆架)普遍发育了厚层流动砂沉积,如长江水下三角洲地区的CH-1、CH-2、CH-3诸孔钻取的资料说明在全新世以下全部为黄色砂质沉积,在舟山群岛北部的泗礁岛上,黄色砂质沉积被搬运到今日海面以上70m~80m高,并在其下风头上出现黄土沉积,其具体位置出现在浙江省的北部、南京及其以西地区。

运用浅地层剖面仪测量技术,已经在海底发现众多前全新世的埋藏沙丘。十分明显,海底埋藏沙丘的发现和长江三角洲一带钻孔岩心中厚层砂质沉积的存在,这是沙漠扩张期的有力佐证。值得提出的是,现今苏北浅滩一带的水下沙洲群,显示出潮流沙脊的特征<sup>[9~11]</sup>,而在全新世海侵前则为大面积沙丘活动区。当冰期海退时期的沙丘活动时,那时的长江三角洲已到达东海外陆架,相当于现代水深90m以下的位置。从流入胶州湾的大沽河的沉积剖面来看,末次冰期的海退时期,山东半岛一带为强风暴活动区,除了在地表上至今还保存众多的沙丘以外,在大沽河的河床的沙坑中,可见埋藏沙丘的斜层理,为典型的休止角型沉积结构(图1),反映了晚更新世末期陆架的沙漠化环境,在风暴沉积之上为一套黑色、湖相沉积,厚46cm,再向上才是现代大沽河沉积。

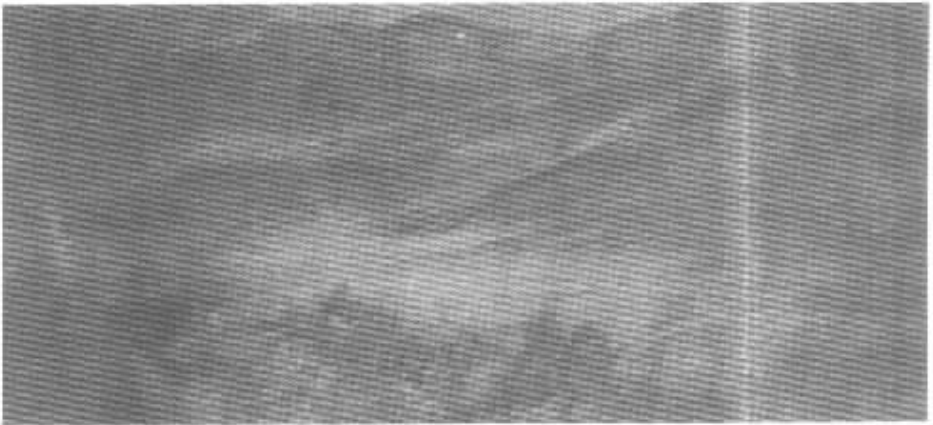


图1 青岛大沽河下游河床中埋藏沙丘的部分断面

Fig.1 Dune sediment in the last stage of late Pleistocene in the Dagu river bed of Jiaozhou bay, Qingdao, China

## 2 硬粘土形成期

硬粘土形成与风力搬运作用密切相关。海退后的黄海、渤海陆架上风力吹扬侵蚀作用的后果是非常明显的,当风速达到5m/s时,就可以吹起沙粒。在现代气候条件下,如1956年

7月10日在青岛观测到44.2m/s的风速，相当于每小时接近160km的速度；1972年9月28日在成山头观测到42.6m/s风速，也相当于每小时153km的风速；在泰安于1978年6月30日观测到41.3m/s的风速；在烟台有39.6m/s的风速记录；羊角沟有41.4m/s的风速；位于渤海海峡的长山上有34m/s的风速。如此巨大的风速，拥有巨大的能量，带有极大的破坏性，往往形成严重的风灾。在现代条件下竟会出现如此巨大的风速，在冰期海退时期更具备形成风蚀作用的条件。

当全球气候进入冰消期以后，大陆冰川逐渐消退，海面开始不断升高，黄海、渤海陆架区的沙漠化范围缩小，分布在陆架区的沙漠-黄土堆积系列，其范围不断萎缩。南黄海和长江三角洲地区硬粘土沉积中含有少量的有孔虫壳体<sup>[12]</sup>，表明该处的硬粘土沉积来源于陆架而不是西部大陆。这种情况与辽东半岛、山东半岛一带的黄土含有少量有孔虫一样，细颗粒物主要来源于出露了的海底，都是由风力搬运所致，所以说它们是同源同成因的产物。

值得注意的是：南黄海和长江三角洲地区硬粘土沉积层在冰期最盛时期并不存在，当全球气候发生转暖，冬季风活动逐渐减弱之际，干冷气候减弱，反而出现了大面积硬粘土分布区。这表明古季风强盛时期，来自陆架区的细粒物质，其下风头的位置要远离陆架区；而当冬季风减弱以后，其下风头位置明显向东迁移，这时来自陆架区的沉积物主要沉积在南黄海南部和长江三角洲一带，形成了当地特有的硬粘土沉积层。

### 3 泥炭形成期

晚更新世末期，陆架区冬季风出现衰退现象，存在两个最为显著的沉积标志：其一为硬粘土层的出现；其二为泥炭层的出现（有些地区显示为发育不良的黑土）。这两种类型的沉积物在冰期最盛时期都不存在，为何在全新世海侵发生的前夕出现？这是值得关注的问题。随着全球性的气候转暖，大陆冰川逐渐消失，山地冰川在不断萎缩，世界洋面不断升高<sup>[13,14]</sup>，黄海、渤海地区沙漠环境逐渐消失，大约在距今12ka时，海面已升至今日海面以下60m处，这时黄海中部已为海水所占据，渤海依然为内陆环境。在这种背景下，冷湿环境可能取代冷干环境，出现了类似于今日东北黑龙江一带的气候条件，在大范围内发育了薄层泥炭沉积。在当时的气候条件下，凡适合形成泥炭的环境就会形成一定厚度的泥炭，凡适合形成黑土的地方就会发育黑色土。据李汉鼎、王强等人的研究，泥炭积累的实质是有机质的积累量大于分解量，即在沼泽环境里，在过湿和缺氧的条件下，微生物活动很弱，未完全分解的植物残体经过长期聚积而形成泥炭。沿海平原地区的泥炭年代和黄海、渤海、东海地区的泥炭年代多数在距今12ka~11ka之间，少数样品年龄略大于12ka，它们的分布位置，见图2所示。距今12ka~11ka时从陆架上吹来的气流，形成了低温、潮湿的环境，十分有利于泥炭的形成<sup>[15,16]</sup>。

随着全球气温的进一步回升，降雨量也随之增多，植被得到充分的生长和发育，每年死亡的植物残体，当年来不及全部分解，有机质得到积累，当时的蒸发量有可能降低，在这样的环境下，黄海、渤海、东海及其邻近地区，形成了类似于今日黑龙江一带的气候环境，出现了大面积的黑土与沼泽分布区。当泥炭形成时，代表了一种特定的气候条件，往往被称为全新世海侵的先兆沉积。与此同时，黄河不断向内陆架延伸，并与升起的海面相遇，出现最初的三角洲沉积；而长江三角洲一直随海面的升起向内陆退缩。这时黄海、渤海地区的海底沙漠形成终止，原先的沙漠逐渐为海水所淹没，成为海底古沙漠，被保存于海底。可以认

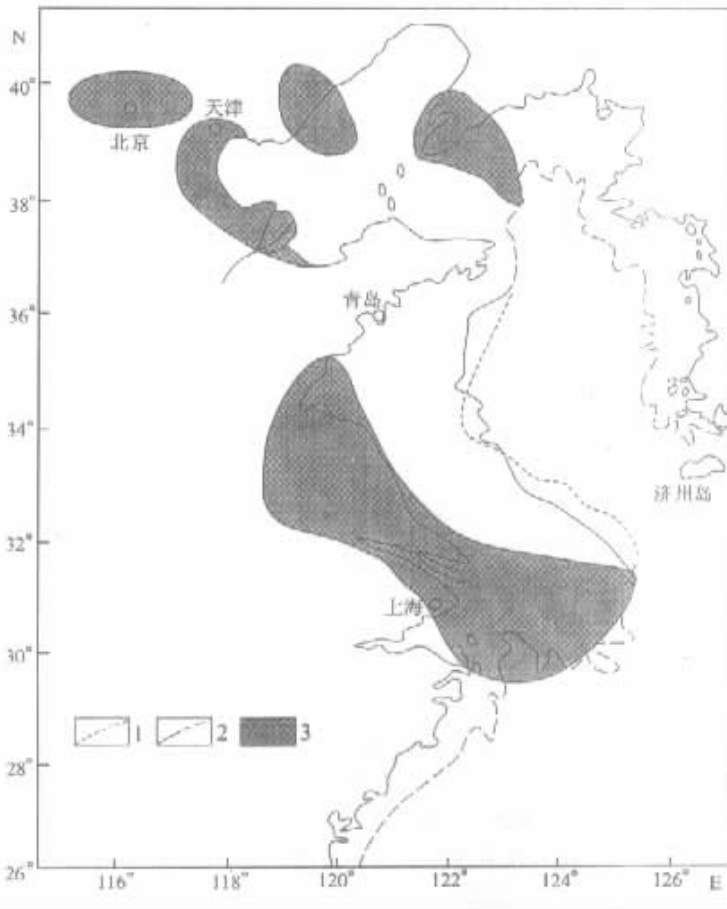


图 2 黄海、渤海陆架区距今 11ka ~ 12ka 间泥炭分布图

Fig.2 Distribution of the turf in the Bohai Sea and the Yellow Sea shelf region from 11ka to 12ka

- 1. 12ka 前的古海岸线；2. 60m 水深线；3. 泥炭分布区
- (据李汉鼎、王强、刘敏厚等，1995 年资料改编)

为，海底出现大面积分布的泥炭沉积和黑土是全球环境变化的产物，河漫滩沉积或者泻湖沉积是局部现象，不能把钻孔中的泥炭都解释为河漫滩沉积或者解释为泻湖沉积。值得注意的是，全新世海侵发生的前夕，大约在距今 12ka 时，那时的海面已上升到今日海面以下 60m 处，黄海、渤海的大部分地区依然出露，尽管全球气候已明显变暖，温湿环境逐渐取代了干冷的环境，那时的风暴作用还继续存在，好象现在冬季也会出现大风天气一样，所以在形成的泥炭沉积中，时常可以找到有孔虫的踪迹。它们是古风暴活动的结果，也是古风暴活动的证据。

#### 4 晚更新世末期冬季风盛衰变更中的长江三角洲

关于晚更新世末期长江三角洲位置的探索，多年来一直是国内外海洋地质工作者关注的

热点<sup>[13,14]</sup>。根据中美日韩四国有关科学家对东海外陆架的浅地层剖面调查资料，涉及范围从东经 121°30′ ~ 128°30′，北纬 26°30′ ~ 31°30′，水深在 50m 范围内的大部分海域，测线累计长度达 8000km。根据该海域的调查资料，发现了古长江三角洲由两部分组成，其一属于中更新世末期海退时形成的长江三角洲；其二属于晚更新世末期海退时形成的长江三角洲。前者部分三角洲沉积已被改造，后者保留完好。从海底地形来看，东海外陆架存在古地形坡折线，在东经 124°37′，北纬 28°30′ 存在明显的坡折，即地形突然变陡、变深，从该坡折线向东，水深突然加大，第四纪期间的历次冰期海退时期的古长江三角洲沉积，几乎都从坡折处流入东海外陆架，所以在该坡折线向东为三角洲沉积区，从坡折线向西为平原河流活动区。在以松散沉积物为主的平原河流，其河床具有不稳定性。在海侵过程中，升起的海面足以改造原先的河道，而使寻找古河道工作变得十分困难。而东海外陆架的古长江三角洲沉积容易被保存，其原因在于：沉积环境未发生巨大变化，依旧为水下环境，三角洲沉积体规模大、体积大，不易被改变，易于辨认。

#### 4.1 中更新世末期海退时形成的长江三角洲

那时的长江三角洲沉积位于东经 124°51′，北纬 30°17′ 以东，现代水深 60m 的地区。古三角洲的表层沉积已明显发生过变化，显示具有气下环境改造过特征，如风蚀界面、风成物质的再沉积和塌陷沉积等。该长江三角洲的沉积主体，非常壮观，沉积物厚度大，从浅地层记录来分析，沉积厚度超过 60m，三角洲的沉积层理清晰可见。

#### 4.2 晚更新世末期海退时形成的长江三角洲

晚更新世末期长江三角洲位于中更新世末期海退时形成的长江三角洲的东南，水深在 90m 以下，相当于东海外陆架地区。从东经 125°31′，北纬 29°42′ 观测站向西，三角洲沉积起始点不清，水深 73m，沉积物厚度大于 30m；从该观测站向东在东经 125°46′，北纬 29°33′ 的观测站处，水深已达 80m，沉积厚度在 30m ~ 60m；另外在东经 125°33′，北纬 29°30′ 观测站处水深 98m 处的三角洲沉积厚度也在 30m 以上，位于东经 125°37′，北纬 29°38′ 站处，那里的水深为 83m。由于晚更新世末期海退时形成的长江三角洲浅层剖面记录太长，只好选其中一个测站的记录，以展示其剖面结构的特征（图 3）。

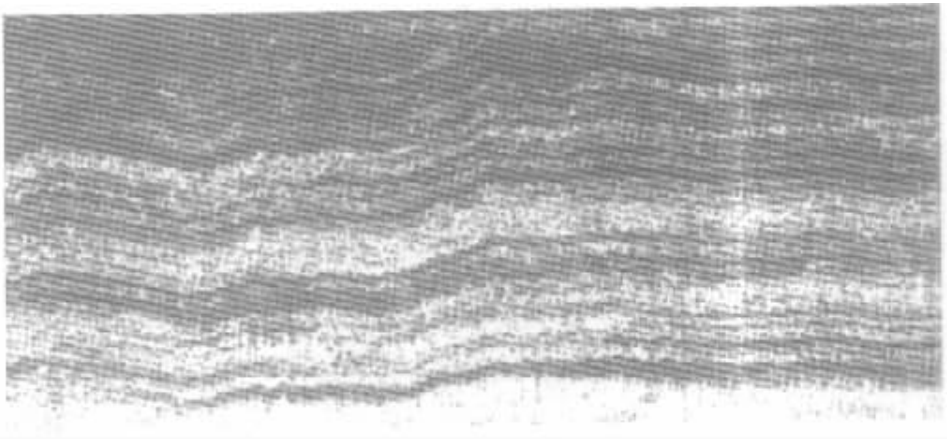


图 3 晚更新世末期长江三角洲部分沉积结构剖面图（浅地层剖面仪记录）

Fig.3 Sedimentary texture of the Changjiang delta in the last stage of Late Pleistocene

该测站位于 125°37'E, 29°38'N, 水深 83m, 记录时间为 1/3h, 船速 6km

## 5 全新世海侵沉积

全新世海侵发生以来,在原先的沙漠-黄土沉积的基础上又形成了海洋沉积。在渤海、黄海和东海范围内,陆架沉积主要由新、老黄河三角洲、长江三角洲以及由黄河和长江带来的沉积物流形成的沿岸沉积<sup>[17,18]</sup>,其它较小河流也会带来一定的沉积物,这些沉积物是内陆架沉积的主体。在苏北浅滩一带,沉积物的主体是对原先沙漠体的改造;在黄海中部,由黑潮分支——黄海暖流北上过程中形成的若干冷涡沉积中心,以及连接冷涡沉积的通道沉积,它们共同构成当地的主要沉积体。在东海外陆架,为过去所说的残留沉积体,以及大面积出现的以砂质为主的沉积体(实际上它们是属于最后冰期时陆架区沙漠-黄土沉积圈的一部分)。渤海、黄海和东海陆架区的上述沉积结构,构成了现代陆架区的基本沉积格局,也称为全新世沉积圈。至于其它类型的沉积,如生物沉积、化学沉积、风成沉积、悬浮体沉积等都有可能加入沉积圈的活动,它们在全新世以来陆架沉积圈的形成中起到补充作用。

晚更新世末期是最后冰期最盛时期,亚洲东部的古季风活动也经历了盛衰变化。渤海、黄海和东海的大部分地区曾出现沙漠化,形成众多的沙丘。晚更新世末期以来古冬季风发生、发展和衰退过程与沙漠、硬粘土和泥炭层形成过程相对应,这是最近获得的新结论。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 安芷生,吴锡浩,汪品先,等.末次间冰期以来中国古季风气候与环境变迁[A].刘东生,安芷生主编.黄土-第四纪地质·全球变化(三)[C].1992.14~30.
- [ 2 ] 任振球.全球变化[M].北京:科学出版社,1990.1~225.
- [ 3 ] 董光荣.晚更新世以来我国北方沙漠地区的气候变化[J].第四纪研究,1990,3:214~222.
- [ 4 ] 于洪军,韩得亮,初风友.晚更新世末期北方陆架区沙漠-黄土堆积群的初步研究[J].地质力学学报,1997,3(4):33~38.
- [ 5 ] 刘振夏,夏东兴.渤海古沙漠沉积特征分析[J].沉积学报,1992,10(2):94~99.
- [ 6 ] 李培英,夏东兴,刘国海.中国东部海岸带黄土成因及冰期渤海沙漠化之探讨,中国海陆第四纪对比研究[M].北京:科学出版社,1991.50~60.
- [ 7 ] 李培英,夏东兴,刘国海.辽东海岸带黄土[J].地质学报,1992,66(1):82~94.
- [ 8 ] 曹家欣,李培英,石宁.山东庙岛群岛的黄土[J].中国科学,B辑,1987,(10):1116~1123.
- [ 9 ] 赵松龄.晚更新世末期中国陆架沙漠化及其衍生沉积的研究[J].海洋与湖沼,1991,22(3):285~293.
- [ 10 ] 赵松龄.陆架沙漠化[M].北京:海洋出版社,1995.1~175.
- [ 11 ] 夏东兴,刘振夏,李培英.渤海古沙漠的推测[J].海洋学报,1991,13(4):540~546.
- [ 12 ] 吴标云,李从先.长江三角洲第四纪地质[M].北京:海洋出版社,1984.113~121.
- [ 13 ] 李克让.中国气候变化及其影响[M].北京:海洋出版社,1992.65~81.
- [ 14 ] 杨怀仁,等.长江中下游环境变迁与生态系统[M].南京:河海大学出版社,1995.1~193.
- [ 15 ] 刘敏厚,吴世迎,王永吉.黄海晚第四纪沉积[M].北京:科学出版社,1987.14~58.
- [ 16 ] 李汉鼎,王强.中国北方沿海泥炭与环境[M].北京:海洋出版社,1995.58~113.
- [ 17 ] 夏东兴,吴标云.末次冰期以来的黄河变迁[J].海洋地质与第四纪地质,1993,13(2):83~88.
- [ 18 ] 夏东兴,刘振夏.渤海东部更新世末期以来的地层及其沉积环境[J].海洋学报,1995,2:86~92.

# GEOLOGICAL RECORD OF THE VICISSITUDES OF THE PALAEO-MONSOON IN NORTH PART OF THE EAST CHINA SEA DURING THE LAST STAGE OF LATE PLEISTOCENE

ZHAO Song-ling<sup>1</sup>, YU Hong-jun<sup>2</sup>, LI Guan-bao<sup>1</sup>, YU Li-li<sup>1</sup>

(1. *Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;*

2. *First Institute of Oceanography, SOA; Key Laboratory of Science and Engineering for Marine Ecological Environment, SOA, Qingdao 266061, China.*)

**Abstract:** The paleo-monsoon activities in East Asia experienced a change of vicissitudes since 18 kaBP. In the maximum phase of last glacial age, dry and cold climate prevailed, resulting in the desertization in most part of the Bohai Sea, the Yellow Sea and the East China Sea. Then, with the withering of dry and cold climate, there appeared stiff clay sediment in the delta of the Changjiang River. Because the further declining of paleo-monsoon and the gradual rising of sea level after 15ka approached, the northeast wind from shelf area was not the dry and cold air-current any more, but the cold and damp one with higher humidity, which produce an advantageous environment for the development of the swamp. As a result, a thin-layered turf was formed before the seawater transgression in Holocene. The developing process of the paleo-monsoon since the last stage of late Pleistocene is well correspondent to the formation of shelf desert, stiff clay and turf layer respectively. It is suggested that the such sequences in the delta region of the Changjiang River may be the best record of the vicissitudes of the palaeo-monsoon.

**Key words:** palaeo-monsoon activities; stiff clay; turf