

苏北中部滨海平原贝壳砂堤

顾家裕¹⁾ 严钦尚 虞志英

(华东师范大学地理系, 上海)

世界各地的沿海低平原地区, 如美国东部海岸、澳大利亚、新西兰、圭亚那、中国东部海岸都广泛发育着一种与海岸平行或交角很小的堤状砂脊——贝壳砂堤 (Chenier ridge)。它是古海岸线的遗迹, 记录着海岸发育的历史, 贝壳砂堤的研究对探讨海岸的发育、海陆变迁, 确定海平面的升降具有重要意义。

我国对渤海湾西部地区贝壳砂堤的研究起始于六十年代初, 对它的分布、形成、生物种属、成因都有比较深入的研究, 辽南、苏北、苏南等地对贝壳砂堤也作过论述和报道。本文通过对苏北中部贝壳砂堤的野外调查和室内分析、以求探讨本区贝壳砂堤的沉积特征和沉积环境, 并追溯苏北中部海岸的历史变迁。

一、贝壳砂堤地理分布及一般特征

研究区位于苏北中部, 北起滨海县新淮河口, 南至东台县川东港附近, 西接里下河湖沼平原, 东抵黄海之滨。全新世的最大海浸使苏北广大平原沦为沧海, 距今六一七千年, 东部开始发育滨海平原, 本区最老的贝壳砂堤即位于新发育的滨海平原西界, 在滨海平原形成过程中还发育了中、后期的几条贝壳砂堤。

贝壳砂堤分布区地势高爽, 海拔高程一般在4—5米, 西侧里下河地区, 地势低卑, 海拔仅2米, 所以贝壳砂堤成为苏北平原上重要的地貌界线。

本区面向黄海, 海域开敞无阻, 海底宽广平坦, 南部平均坡度0.57%, 由太平洋进入黄海的潮流流在宽浅的海滩上向岸推进, 属正规半日潮。潮流流速由海向岸逐渐增大, 且涨潮流速大于落潮流速, 潮差近岸大, 远岸小, 近岸潮差2—3米。滨海平原就是在黄海平缓斜坡上, 由苏北沿岸流带来大量泥砂, 受潮流影响不断淤涨而成, 现今平原坡度为0.2%。

波浪在平缓的底坡上向岸传播, 由于底摩擦力不断增大, 波浪发生多次破碎, 故近岸波能微弱, 一般波高0.5—1.0米, 在东北强风作用下, 风和潮汐作用增加, 使波能增强, 同时波浪前进方向与海岸交角较大, 因而对海岸有较大影响, 总之, 潮流是塑造本区海岸的主要因素, 而波浪仅在风暴潮时起一定影响(图1)。

苏北中部发现贝壳砂堤有四条, 自西向东称为西岗、中岗、东岗(均为本地名)和新岗(作者命名)走向大致为NNW—SSE, 与现今海岸线基本平行或有5—10°交角

1) 现在北京石油勘探开发研究院工作

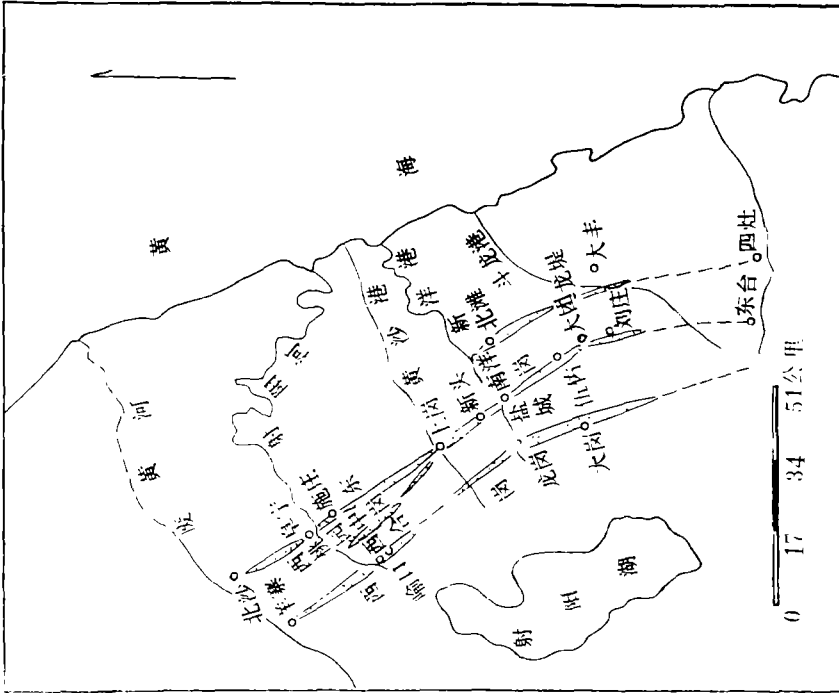


图2 苏北中部贝壳砂堤分布图
Figure 2 The position of the chenier ridges

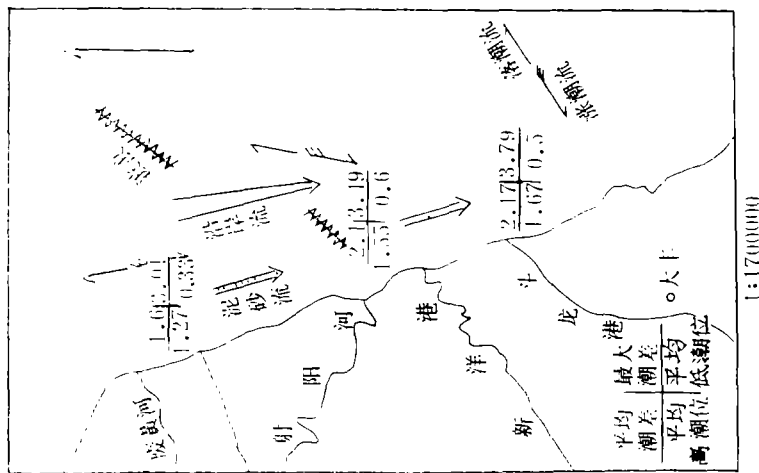


图1 苏北中部沿海动力要素图
Figure 1 A diagram of the dynamic elements near the shore area in the middle part of Northern Jiangsu Province

(图2)。

西岗，亦称阔砂岗，北起阜宁县羊寨，经喻口、两合、渡黄沙港蜿蜒起伏，沿龙岗、大岗一线断续出露，南入东台县境内。本堤是苏北中部四条砂堤中规模最大，出露最好的一条，北部喻口、两合地区宽达400—500米，厚度7米左右，厚宽之比约1/60。

中岗，俗称小岗，北起西桃园径西条龙庄，逐渐转向东南，在建湖县上岗附近与东岗汇合，此堤不含贝壳，纯为砂堤，宽20—50米，厚40—60厘米，由于后期人工改造及黄泛物质覆盖，现今埋于地下30—50厘米。

东岗，北部阜宁县北沙镇，经草埝、上岗，盐城、刘庄，沿串场河一线断续分布，宽50—200米，以上岗地区规模最大，宽达300余米，厚近4米。

新岗北起盐城县南洋镇东侧，经北滩、龙堤，断续南下至东台县四灶附近，堤宽20—100米，厚约60厘米。

二、贝壳砂堤沉积特征

贝壳砂堤的组成物质以黄褐色的中、细砂为主，含砂量为85—90%，其次为贝壳及其碎片，含量10—15%。据剖面观察，贝壳层与砂层间互或贝壳在砂层中混杂分布，平面上砂与贝壳含量也不一致，北部地区含砂量较高，如两合地区含砂量达95%。南部贝壳相对富集，大岗等地贝壳含量达20—30%，某些层、段由纯贝壳组成。

1. 贝类属种以及所反映的环境

苏北中部贝壳砂堤中，贝类种数近三十种，主要属种为四角蛤蜊 (*Macra quadrangularis* Deshayes)、青蛤 (*Cyclina sinensis*, (Gmelin))、文蛤 (*Meretrix*, *Meretrix* Linne)、扇贝 (*Chlamys*)、牡蛎 (*Ostrea*)、蛤螺 (*Umbonium thomosi* (Crosse))、泥螺 (*Bellacta exarata* (Philippi))、缢蛏 (*Sinonovacula constricta* Lamarck) 等，这些贝类主要是生活于潮间带滩地和潮下带浅水环境。东岗和新岗的贝类属种与现今苏北中部海滩所见的贝类相似，说明贝类壳体主要来源于就近的海滩。同时所见的贝类壳体大部分磨蚀较厉害，西岗贝壳大部分已破碎，因溶蚀或磨损纹饰已模糊。新岗壳体比较完整，纹饰还比较清晰。

西岗贝壳属种最多，较破碎部分已胶结，牡蛎为西岗所特有，特别在大岗地区，牡蛎占相当比例，同时含一定量喜欢生活于潮流动荡砂质海底的扇贝、红螺 (*Dosinia*)，可能反映西岗形成时，海底底质较粗、水体清澈、水流比较激荡。

中岗无贝类壳体。东岗和新岗贝类种数已大为减少，主要贝类为四角蛤蜊、蛤螺、文蛤、毛蚶 (*Anadara suberenata* Lischke) 等，这些贝类主要生活于潮间带砂质及部分细粒淤泥质海滩，反映成堤时水体活动性较弱，海底坡度平缓。

2. 结构特征

贝壳砂堤物质 (除去贝壳以后) 经筛析结果用Folk和Ward (1957) 公式计算粒度参数 (表1) 可以看出，砂堤物质粒级集中于1—4 ϕ ，即集中于中砂至极细砂范围，特别是2—3 ϕ 这一粒级含量特别高，达60—80%，而大于4 ϕ 的粉砂和粘土含量甚少，说明砂堤形成时具较高的水动力能量，细粒物质被淘洗向海运移，而粗粒的砂级物质及贝类壳体残留下来并受冲流作用向岸搬运，富集堆积成堤。

表1 粒度分析结果对比

Table 1 Textural parameters of the chenier ridge sediments

堤名	粒 级					参 数		
	粗 砂 0-1 ϕ	中 砂 1-2 ϕ	细 砂 2-3 ϕ	极细砂 3-4 ϕ	粉 砂 > 4 ϕ	M_z	σ_1	SK_1
西岗		16.33	74.21	5.55	3.91	2.44	0.36	0.01
中岗		33.48	61.73	0.95	3.86	2.16	0.40	0.142
东岗	0.01	15.1	80.03	2.65	2.44	2.304	0.345	0.03
新岗	0.17	7.57	77.40	6.55	8.28	2.54	0.40	-0.194

此外,同一堤内贝壳砂堤物质粒度由北而南逐渐变细,即粒级的平均值(ϕ 值)有增大的趋势,西岗北部两合地区粒度平均值为2.05 ϕ ,至南部大岗地区增至2.50—2.69 ϕ ,这种变化是物质沉积分异作用所造成,它反映了沉积物由北向南运移的方向:

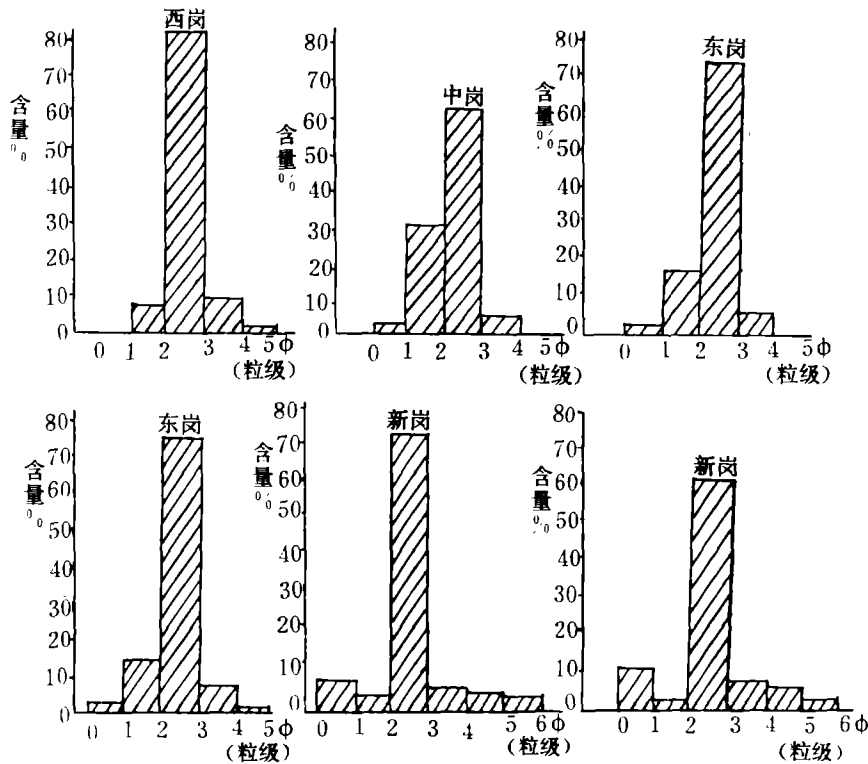


图3 砂堤样品直方图

Figure 3 Histograms of the grain-size distributions of clastic sediments in four chenier ridges

粒度分析结果所作的直方图(图3)为单峰型,负偏或近于对称,峰值粒径2—3 ϕ ,峰值为60—80%。

概率曲线图上有四个组分，推移质组分占5%左右，悬浮组分占5—10%，具两个跳跃组分，占85—90%，跳跃组分的粒径比较窄，为 $1.8-3.1\phi$ （图4）。说明贝壳砂堤形成时波能变化幅度不大。

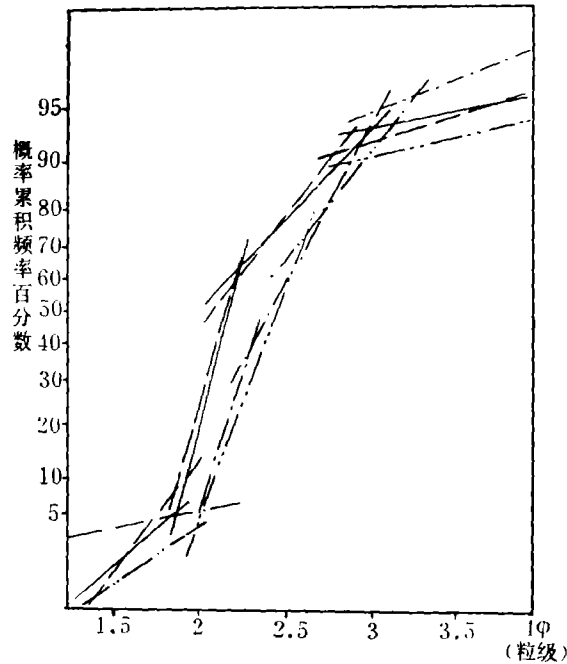


图4 砂堤砂概率曲线图

Figure 4 The probability cumulative frequency curves

3. 矿物组合特征

各条贝壳砂堤砂粒的矿物成分基本相同（表2），以石英为主，占70.2—73.5%，其次为长石和重矿物。而植屑、岩屑、云母类矿物含量甚微，一般不足2%。

表2 苏北贝壳砂堤轻、重矿物含量(%)对比表

Table 2 A comparison of light minerals and heavy minerals (percentage)

岗名	石英	长石	云母	岩屑	植屑	重矿物
西岗	72.8	18.2	/	2.2	0.3	6.5
中岗	70.2	19.6	/	0.3	/	9.9
东岗	71.5	15.7	/	0.3	0.3	12.2
新岗	73.5	16.4	0.8	1.2	0.3	7.8

贝壳砂堤中所含的重矿物达二十种，有角闪石、绿帘石、石榴石、锆石、磁铁矿、赤铁矿、榍石、电气石、硅灰石、金红石等（表3），其中前六种矿物含量占95%，其它

矿物仅占5%。重矿物分布具下列特征。

(1) 重矿物含量高, 一般占砂质物总重量的6.5%以上, 东岗重矿物含量高达12.2%, 说明贝壳砂堤沉积处, 由于波浪反复、长期淘洗, 使较轻的物质远离岸区, 而比重大的物质沉积下来。

表3 重矿物百分含量表

Table 3 The contents of heavy minerals (percentage)

矿 物 名 称	角 闪 石	绿 帘 石	柘 榴 石	锆 石	黑 云 母	磷 灰 石	磷 帘 石	碳 酸 盐	电 气 石	硅 灰 石	透 闪 石	十 字 石	金 红 石	透 辉 石	水 化 云 母	白 云 母	磁 铁 矿	赤 铁 矿	黑 色 矿 物
西岗 (上)	47.17	34.7	6.4	0.4	0.4	0.41	0.4	0.40	0.75	0.4							2.3	1.2	0.75
中岗	57.8	31.7	10.6	2.3						1.52	0.38	0.38	0.38				1.52	2.3	1.14
东岗	36.49	35.47	11.49	2.36		1.01		0.34				0.34					6.42	4.39	1.69
新岗	39.18	34.70	11.19	0.37	0.37	0.75	0.75	0.37		0.37		0.37	0.75	1.12	0.37	3.38	4.48	1.49	

(2) 重矿物中片状云母类矿物含量甚微, 仅占0.45%, 而现今废黄河口云母类矿物含量为9%, 水动力较强的长江河口也达6.5% (表4)。反映贝壳砂堤物质是经过波浪长期作用, 浮力较大, 不易沉淀的云母类矿物已被回流所带走。

表4 苏北砂堤、老黄河口、长江口表层沉积物中重矿物含量表

Table 4 A comparison of the contents of heavy minerals among Old Huang-he River's estuary region, Chang-jiang River's and in the chenier ridges

重矿物名称	苏北砂堤	老黄河口	长江河口
角闪石	46.54	35.9	38.5
绿帘石	31.96	24.5	21.3
柘榴石	9.54	6.8	2.3
赤铁矿	3.59	6.7	2.8
磁铁矿	3.04		4.1
黑色金属矿物	1.142		3.8
锆石	1.09	0.6	1.6
磷灰石	0.91	1.9	0.5
金红石	0.44		<0.3
硅灰石	0.38		<0.2

续表 4

电气石	0.355		0.7
电气石	0.29		2.1
透闪石	0.28		3.1
透辉石	0.21		1.8
石膏	0.154	1.0	0.8
白云母	0.10		<3.1
黑云母	0.09	9.0	<2.4
十字石	0.08		<0.2
碳酸盐	0.08		3.7
水化云母	0.28		<1.0
伏铁矿		3.2	4.2
褐铁矿		12.5	
阳起石			5.0
绿泥石			<1.0
锐钛石			个 别
其它矿物			2.6

(3) 重矿物组合特别是变质矿物石榴石丰度高, 占重矿物含量的9.34%, 石榴石主要是块状和碎屑状粉红色石榴石。这与废黄河、淮河石榴石特征相一致, 说明沉积物主要来源于北部废黄河和淮河。

4. 层理

堤内层理类型单一, 以平行层理为主(图版 I.1)。由贝壳层和砂层间互组成, 单层厚度一般在10厘米左右, 最厚不超过25厘米。某些薄层只有1—2厘米, 在细砂层中可见到0.1—0.7厘米的平行纹层(图版 I.2)。纹层主要由颜色的变化或粒度的变化而得到反映, 粒径由底向顶变粗(毫米值), 暗色矿物集中在纹层底部, 而浅色矿物和贝壳碎片沉积于纹层顶部。

由于沉积期间受到冲、回流的作用和堤脊位置的迁移所形成的向陆向海低角度的交错层比较发育, 一般向陆倾角较大, 在10°左右, 个别高达26°。而向海倾角较小, 为4—6°(图版 I.3)。

三、贝壳砂堤沉积地貌部位

在本区废黄河口两侧(除强烈蚀退岸段)分布着一列正在发育的现代贝壳砂堤, 它位于大潮高潮线的附近。贝壳砂堤的下伏层主要是黄褐色的粉砂质粘土, 平均粒径6—9 ϕ , 分选差, 内部构造主要是粉砂和粘土的水平互层, 见大量的植物根系, 并有甲壳类动物挖掘的潜穴, 见铁质氧化膜说明现今苏北中部贝壳砂堤沉积于潮上带的下部。

中岗、东岗、新岗下伏泥质粉砂层与上覆贝壳砂堤之间界面清晰、接触面略有起伏

(图版 I, 4)。此三岗下伏层经研究分析与现今苏北潮上带沉积特征十分相似。结合现今正在发育的贝壳砂堤地貌位置, 可以认为此三岗沉积部位应属潮上带下部, 亦称滩脊。

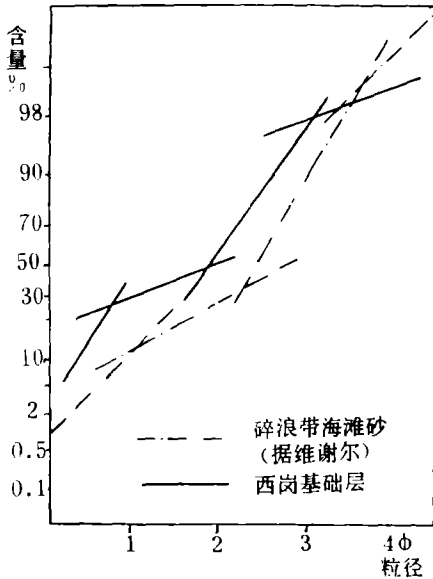


图5 概率曲线对比图

Figure 5 A comparison of the probability cumulative curves

西岗根据沉积特征的差别, 把下部称为基础层, 上部称为上复主体层。

西岗基础层为青灰色厚层状中、细砂, 粒度级较宽, 平均粒径为 1.85ϕ , 优势组分为中砂, 占49.54%, 分选性中等 $\sigma_2 = 0.82$, 概率曲线图上有四个组分, 推移质组分所占比例列大, 约30%, 与 Visher 对已知环境的碎浪带海滩砂曲线十分相似(图5)。砂层厚度大。

本基础层中, 海相有孔虫和介形虫含量丰富, 主要属种为毕克卷转虫 (*Annonia beccarii*) 同现卷转虫 (*A. annectense*) 波纹希望虫 (*Elphidium advenum*) 茸毛希望虫 (*E. hispidulum*) 宽卵中华丽华介 (*Sinocytheridea laliorata*) 东台

新单角介 (*Neomonoceratina dongtaiensis*) 等, 反映当时为滨海水下沉积。

此层样品孢粉组合中含5.2%的海生刺球藻 (*Hystrichosphaera*)。据南黄海刺球藻含量与水深关系的研究, 水浅, 刺球藻含量低, 水深刺球藻含量高。该值说明沉积时本区亦应为滨海浅水环境。

可见西岗基础层应为滨外堤的水下部分沉积, 滨外堤不断发育露出水面, 其后又沉积了西岗主体层, 因此西岗应属滨外堤。在现今西岗内侧里下河地下两米处淡水湖相沉积层之下发现生长于泻湖或潮间带的生物缢蛭而得到证实。

四、贝壳砂堤形成条件探讨

贝壳砂堤的沉积特征、生物组合及地貌部位是探讨它形成条件的基础, 贝壳砂堤的形成无疑要有贝类生物的大量繁殖。苏北中部贝壳砂堤的形成具备了下列条件。

1. 海平面的基本稳定

更新世末和全新世早期, 海平面经历了快速的上升阶段, 在距今七千年前后, 海平面渐趋稳定, 这可视为世界范围内普遍出现的现象。通过苏北中部贝壳砂堤与我国渤海湾西部苏南及世界各地贝壳砂堤形成时间的对比发现, 虽然各地贝壳砂堤形成的具体时间不能一一对应, 但都形成于距今七千年快速海浸以后海面转入稳定阶段。我国上述三地区, 最靠近内陆的一条贝壳砂堤都形成于距今6500年前后, 反映了海平面变化对贝壳砂堤形成有控制作用, 苏北中部地区在海平面转化初期, 岸线有较长时间的稳定, 初期岸坡较陡, 破浪带范围变化不大, 利于水下砂坝形成, 并逐渐增高加宽, 露出水面分割

水体形成西岗。

2. 河流供应物质数量的变化

贝壳砂堤的形成必须具备物质供应量多寡的交替出现，即一定时期物质供应量较多，海岸向外快速淤涨，在物质供应量较少阶段，波浪改造原来的海滩物质，使细粒组分被淘尽，粗粒组分残留下来并向岸运移，集中堆积成堤。黄河的南北迁徙是造成物质供应量多少交替变化的条件。黄河南徙（1128）以前，形成规模较大的东岗。黄河南徙初期南北分流，沿程经常决口泛滥，大量泥砂用于建造废黄河三角洲。1495年后，黄河之水倾淮入海，海岸迅速向外淤涨，不利于贝壳砂堤形成。1855年黄河北归，废黄河三角洲地区两侧又发育现代贝壳砂堤，可见河流供应物质的变化是影响贝壳砂堤发育的重要因素。

3. 一定的海滩坡度

成堤的海滩应该具有一定的坡度，使进入近岸的波浪有足够的能量冲刷滩面并把贝壳及粗粒物质带向岸边，根据现今废黄河口两侧海滩实测剖面资料（表5），认为在现今条件下贝壳砂堤形成的有利岸坡为2—8%，在这样的坡度下波浪有一定的能量改造滩面，促进粗粒物质向岸搬运。坡度太陡，波能太高，滩面扰动强烈不利于贝类的繁衍，而且物质外运使贝壳散落滩面，坡度过于平缓，波能微弱，大量细粒物质落淤，窒息贝类，同时，波浪在向岸传播过程中，摩擦力太大，能量耗尽，无力把粗粒物质托举到岸边堆积成堤。贝壳砂堤形成的有利岸段是海岸的稳定——微冲岸段，在这样的岸段既有粗粒物质的持续供应和贝类的繁殖，又有物质经受波浪充分簸洗的条件，利于形成一定规模的贝壳砂堤。

表5 贝壳砂堤发育与海滩坡度关系

Table 5 The relation of the growth of the chenier ridges to beach gradient

地 名	岸 滩 性 质	坡 度	贝壳堤发育情况
新淮河口	侵蚀后退	2.3—5.1%	发 育
老黄河口-八滩	强烈蚀退	>8%	不 发育
扁担河口	侵蚀后退	4—6.4%	发 育
新洋港口南	淤 涨	0.39—0.42%	不 发育

五、海岸的迁变

苏北中部海岸的变迁，许多学者从不同角度进行了研究，贝壳砂堤作为古海岸的遗迹，贝壳物质又可直接用于年代的测定，因此，根据C¹⁴测年、孢粉分析，结合考古资料可以较客观地反映海岸变迁的真实历史。

苏北中部海岸变迁分为两个阶段，即早期海岸比较稳定阶段和晚期海岸快速淤涨阶段。

1. 早期海岸比较稳定阶段（距今6500年至公元1128年）

本期形成西岗、中岗、东岗三条贝壳砂堤。西岗两合附近地下3.5米处（相当上复

主体层底部)牡蛎壳 C^{14} 测年为 6539 ± 79 年 B.P (表 6), 大岗附近地下 1.6 米处贝壳 C^{14} 测年为 5677 ± 75 年 B.P, 说明西岗基本代表了 5500—6500 年前的海岸线。

表 6 苏北贝壳砂堤样品 C^{14} 年代表
Table 6 Radiocarbon-dated samples

样号	实验室编号	采样地点与层位	试料	距今年代
C-N-35	SH-34	两合地下 3.5 米	牡蛎壳	6539 ± 79
C-N-32	SH-35	大岗地下 1.6 米	贝壳及其碎片	5677 ± 75
C-II-31	SH-36	上岗公路旁地下 2.5 米	贝壳及其碎片	3882 ± 69

注: 半衰期为 5570 年, 计算起点为 1950 年

中岗无贝壳物质, 孢粉分析为藜科—蒿属—桔属—麻栎组合, 与沪杭地区全新世孢粉组合相对比, 与其第三凉期相当, 距今 4000 年左右。

东岗为“范公堤”所在地, 在上岗地下 2.50 米处所采贝壳 C^{14} 测年为 3882 ± 69 年 B.P. 可见该堤在 3800 年前已开始形成。据历史记载, 汉代时盐城已设盐渎县, 1964 年南京博物院在盐城东北角发现汉代麻瓦坟遗址和沿“范公堤”一带的汉代墓葬群, 证实现今东岗一带成陆于汉代以前。同时, 直至唐代“捍海堰”和宋代“范公堤”还大致沿东岗而筑, 海塘的修筑说明大海离岗不远, 据此认为黄河南徙以前的 3000 年间, 海岸一直徘徊于东岗附近, 岸线由西岗推进到东岗(包括稳定在东岗的时间)历经 4500 余年, 岸线向东推进了 4—15 公里, 平均每年淤涨 0.9—3.3 米(表 7)。

表 7 苏北中部海岸变迁速度表

Table 7 The average velocity of the coastal change in the middle part of the Northern Jiang-su Province

早期(距今 6500 年—公元 1128 年)		晚期(公元 1128 年至今)			
西岗—东岗		东岗—新岗		新岗—现今岸线	
西岗间距(公里)	平均每年淤涨速度(米)	西岗间距(公里)	平均每年淤涨速度(米)	相 距(公里)	平均每年淤涨速度(米)
4—15	0.9—3.3	12	36	33	65

2. 晚期海岸快速淤涨阶段

本期形成新岗一条贝壳砂堤, 据盐城县志记载, 唐宋时大海离城不足 1 公里, 明宣宗时(1425—1435 年)大海离盐城近 15 公里, 由此推断离盐城约 12 公里的新岗大致形成于 14 世纪末。由东岗至新岗形成的 300 年间, 海岸以 36 米/年速度向外淤涨, 比早期阶段快 12—40 倍。

15 世纪末, 黄河北支完全断流, 全部水量经淮入海, 巨量泥砂进入苏北中部海岸, 并由沿岸流转输南运, 岸线迅速外推。1855 年后, 黄河虽又入渤海, 但废黄河三角洲侵蚀下来的泥砂继续南下, 加之人工开发, 围海造田, 使中部海岸每 15 年外涨 1 公里

* C^{14} 样品测年于华东师大地理系 C^{14} 实验室测定

(65米/年)。

工作中承蒙江苏水文二队盐城小队的热情支持，上海水产学院王维德、华东师大河口海岸研究所严肃庄老师分别进行贝类和重矿物鉴定，在此表示由衷的谢意。

(收稿日期：1982年3月12日)

参 考 文 献

- [1] 王颖, (1964) 渤海湾贝壳堤与古海岸线问题, 南京大学学报(自然科学), 第8卷, 第3期。
- [2] 赵希涛, (1981) 渤海湾西部的贝壳堤, 地质科学, 第1期。
盐城县志, 1895年、1936年。
- [3] Schofield, J.C.. (1960) Sea Level Fluctuations During the Last 4000 Years as Recorded by a Chenier Plain First of Thames New Zealand, N.Z.J. Geol. Geophys 3 (3)
- [4] Cook, P.J. and Polach, H.A., (1973) A Chenier Sequence at Broad Sound, Queensland and Evidence Against Holocene High sea Level, Marine Geology 14

THE CHENIERS OF THE NORTHERN COASTAL PLAIN OF JIANGSU PROVINCE

Gu Jiayu Yan Qinshang Yu Zhiying
(Department of Geography, East China Normal University)

Abstract

Four cheniers exist in the northern coastal plain of Jiangsu Province, namely the West Ridge, the Middle Ridge, the East Ridge and the New Ridge in order from west to east. They run nearly parallel to the present shoreline. The chief depositional features of the cheniers are as follows:

1. Thirty different species of molluscs have been found, of which the predominant species are *Mectra quadangularis* Deshayes, *Cycline sinensis* (Gmelin), *Meretrix* Linne, *Chlamys*, *Ostrea*, *Umbonium Thomosi* (Crosse), *Bellacta exarata* (Philippi), *Sinonovacula constricta* Lamarck, etc. They belong to the fauna of intertidal and subtidal shallow-water environment.

2. Chenier deposits, on the average, are composed of well-sorted fine sands (2.5φ in grain size), occupying 60-80%. Medium sands come next, ranging from 7 to 33%, while very fine sands occupy 1-7%. Silt and clay are trace in amount. It can thus be deduced that the winnowing force of wave action in the formation of cheniers is rather moderate. Furthermore, the fact that the areal variation of components of different grain sizes becomes gradually small from

north to south, demonstrating that chenier sands are transported by the southward longshore current.

The cumulative probability curves of chenier deposits show four populations. Two of them are those of saltation, illustrating that the chenier deposits are affected by swash and back wash.

3. The chenier deposits are mineralogically composed of 70—74% quartz, 16—20% feldspar and 7—12% heavy minerals. Twenty species of heavy minerals have been identified, of which the dominant minerals are amphibole, epidote, garnet, zircon, magnetite, hematite and tourmaline. The assemblage of heavy minerals especially garnet as an indicator, is similar to that of the Huanghe River (Yellow R.) and that of the Huai River.

4. The internal sedimentary structures are very simple, mostly plane beddings, and low-angle cross beddings with long stretches of $4-6^{\circ}$ seaward dippings and short stretches of 10° landward dippings. After examining the different characteristics of four cheniers and their respective underlying beds, it is realized that they have different historical development. The West Ridge is the remnant of an ancient barrier island, formed at the end of postglacial maximum transgression. The other three cheniers are beach ridges in origin, formed in late Holocene. As a whole, the prerequisite for their formation is a variable longshore sediment supply. In the coastal region studied, when sediment supply from the Huanghe River is abundant, the shore build forward rapidly as muddy silt flat; when the supply is less, wave attack cuts back these flats and concentrates the coarse fraction, mostly fine sands and shells into cheniers.

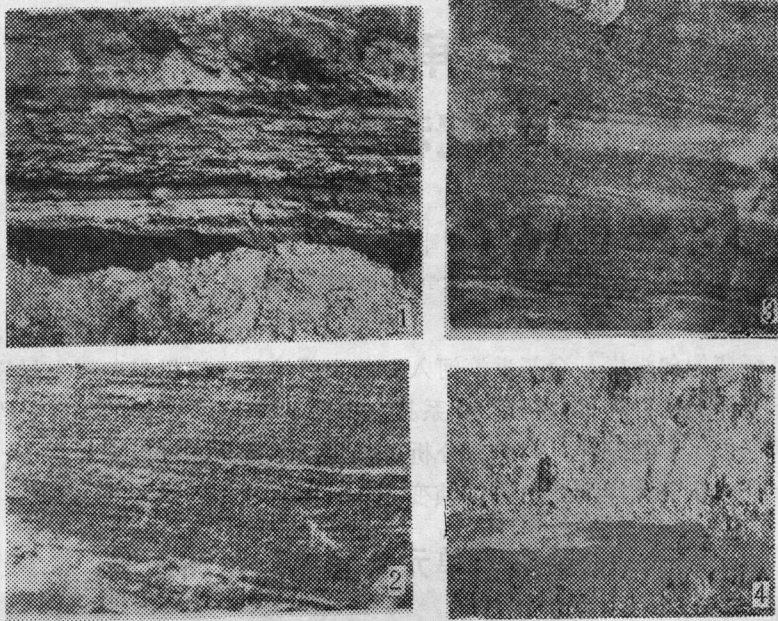
5. According to radiocarbon (C^{14}) dating, together with historical records and archaeological studies, the development of the coast can be divided into two stages. In the early stage (from 6500 year B.P. to 850 year B.P.) the progradational rate of coast is only 1—3 m/year, but in the late stage (from 850 year B.P. up to the present), the rate rapidly increases to 36—65 m/year.

After the abandonment of the old Huanghe River channel in 1855, the rapidly reworking process of irregularities of coastline has been going on.

At present, the general coastal outline is being gradually straightened, deposition prevails in the seaward concave segment, and erosion dominates in the convex segment.

顾家裕等：苏北中部滨海平原贝壳砂堤

图版 I



1.西岗、大岗附近贝壳砂堤中的平行层理 2.中岗中的平行纹层 3.贝壳砂堤中的缓倾斜交错层理(左边为海) 4.新岗贝壳砂堤垂直剖面,上部浅色部分为贝壳砂堤沉积物,下部暗色部分为下伏泥质粉砂层分界面清晰