

中国贝壳堤发育及其对海岸线变迁的反映*

赵 希 涛

(中国科学院地质研究所, 北京)

关键词 贝壳堤 沉积特征 ^{14}C 年龄 全新世 古海岸线

内 容 提 要

本文记述了中国沿海与邻近陆架地区贝壳堤的分布及其地貌与沉积特征, 概括了现已发表的贝壳堤样品的 ^{14}C 年代数据, 并在评述样品的代表性、可靠性及其影响因素的基础上, 讨论了中国大多数贝壳堤的形成时代, 分析了影响贝壳堤形成的条件, 勾绘了24,000年来古海岸线的位置, 并阐明了海岸发育的历史及主要影响因素。

一、前 言

贝壳堤(chenier)是淤泥质或粉砂质海岸所特有的一种特殊类型的滩脊, 主要由砂和贝壳物质组成。贝壳堤一称是Russell和Howe根据美国路易斯安那西南海岸沼泽地上的滩脊之上生长着橡树(法语chêne)而命名的^[1]。Price则把这类贝壳堤与沼泽沉积相间的滨海平原称为Chenier Plain^[2]。

据报道, 贝壳堤在世界许多沿海地区, 如美国、墨西哥沿岸^[1,3-6]、苏里南海岸平原^[7]、新西兰泰晤士河口^[8]、澳大利亚布洛特海湾^[9]、英国埃赛克斯平原^[10]、越南湄公河三角洲^[11]等地, 有着广泛的分布。

在中国, 由于黄河、长江等河流所带来的巨量细粒泥沙, 形成了面积极其宽广的滨海与陆架平原, 为贝壳堤发育提供了良好的条件, 因而在华北平原、苏北平原、长江三角洲、东海外陆架及若干河口与海湾平原上, 贝壳堤分布相当广泛(图1)。

早在本世纪五十年代末六十年代初, 渤海湾西岸、苏北平原与长江三角洲地区的贝壳堤即被历史考古与地貌工作者发现并加以初步研究^[12-16]。七十年代后期以来, 更多的科学工作者对中国贝壳堤的分布、地貌与沉积特征, 软体与微体古生物成分及 ^{14}C 年代, 进行了较细致的调查研究, 并对中国贝壳堤的发育时代、形成条件及其所反映的海岸线变迁与海平面变化, 作了较全面的讨论^[17-38]。

根据作者十余年来对中国贝壳堤所做的调查研究, 并参考上述研究的主要结果, 作者试图对中国贝壳堤的研究作一简要概括与总结。本文记述了中国贝壳堤的分布及其地貌与沉积特征, 在概括和评述现已发表的贝壳堤样品 ^{14}C 年代数据的基础上, 讨论了大多数贝壳堤的形成时代及其发育的主要条件, 勾绘了24,000年来古海岸线的位置, 并初步阐明了海岸演变的历史及主要影响因素。

* 本文曾在1985年9月15—21日在英国曼彻斯特召开的第一届国际地貌会议上宣读, 英文版将在会议录中发表。

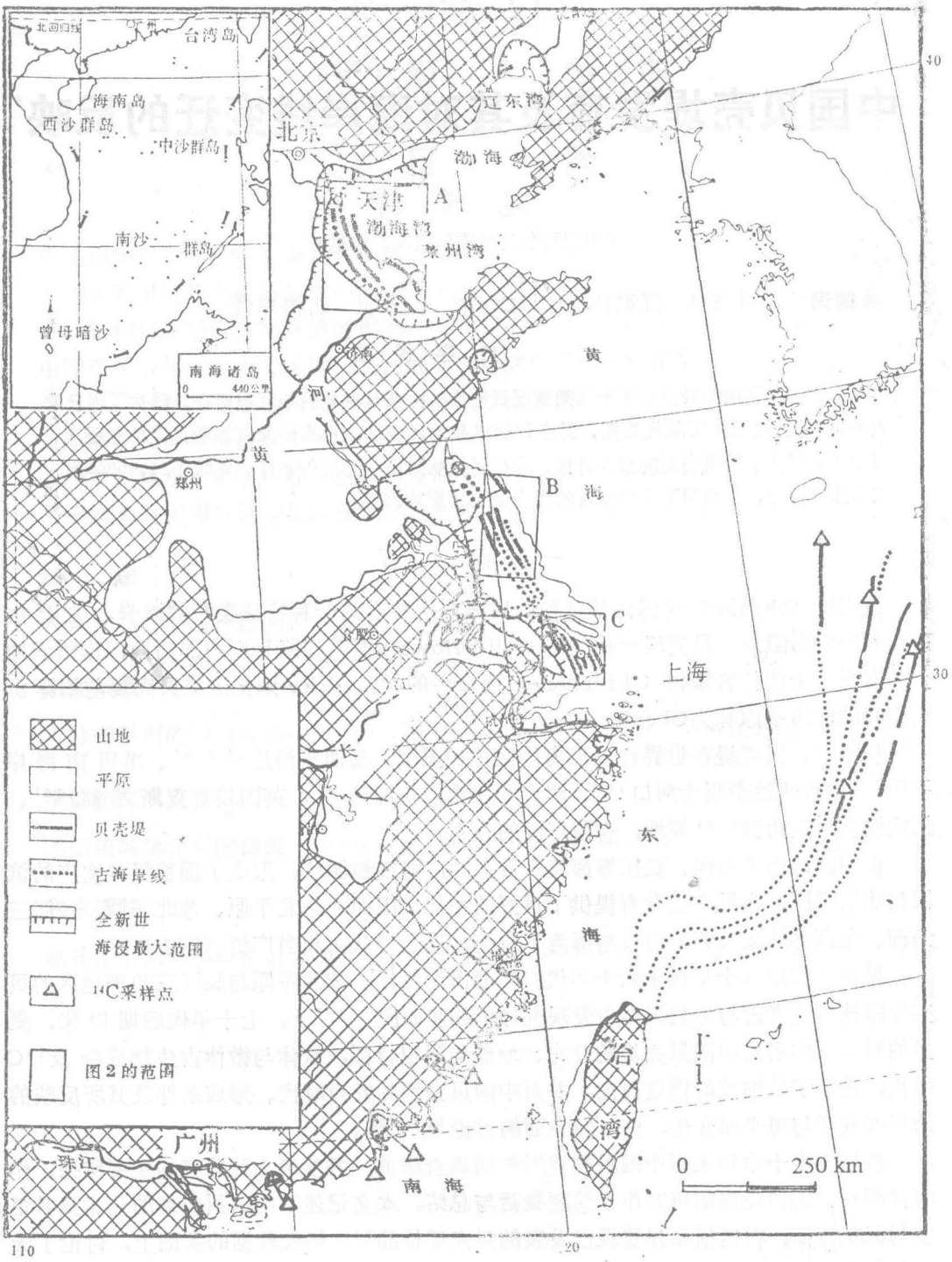


图 1 中国沿海与邻近陆架贝壳堤与古海岸线分布图

Fig.1 The distribution map of the cheniers and paleocoastlines along the coasts and on the adjacent shelf in China.

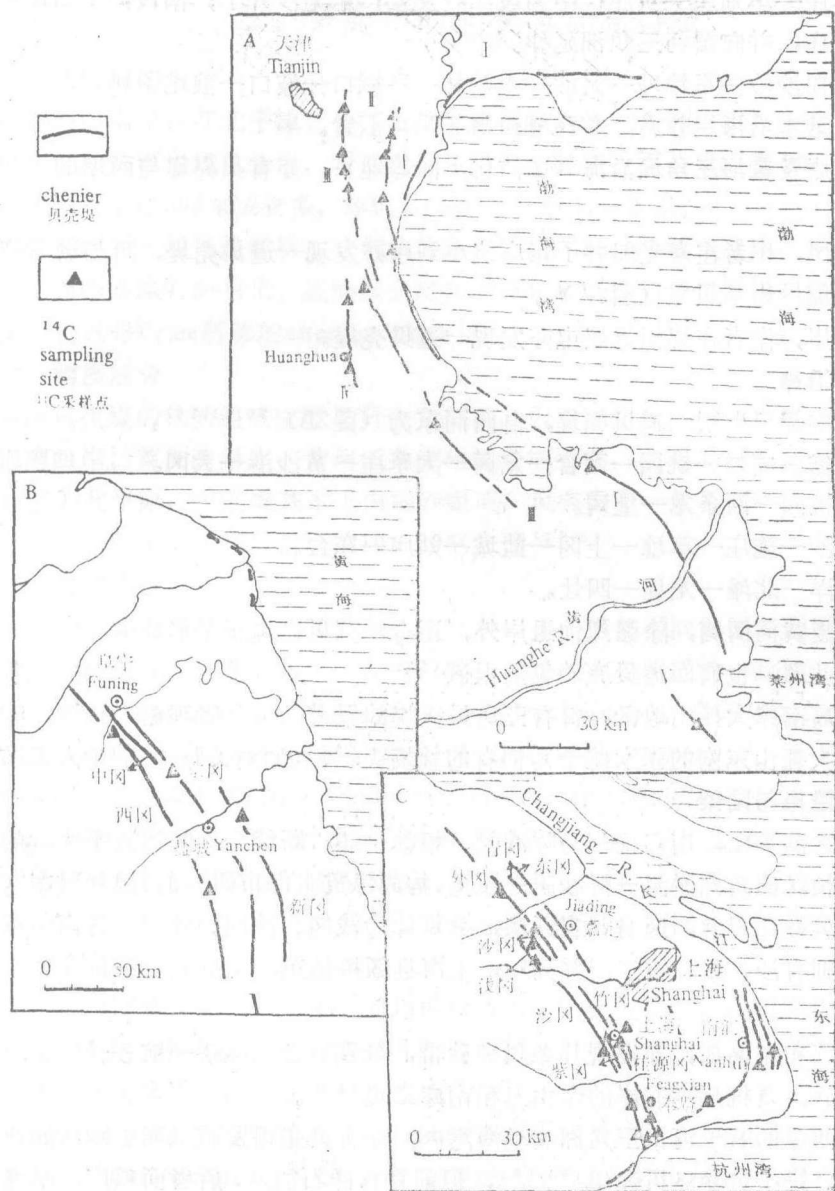


图 2 渤海湾西南岸(A)苏北平原(B)和长江三角洲南岸(C)贝壳堤与古海岸线分布图

Fig.2 The distribution map of the cheniers and paleocoastlines along the southwest coast of the Bohai Gulf(A), in the northern Jiangsu Plain(B) and the southern part of the Changjiang Delta(C).

二、贝壳堤的分布

1. 渤海沿岸

渤海湾西岸共发现四道贝壳堤, 自西而东依次为(图2A)^[23]:

Ⅳ 贝堤: 同居—阎北—翟庄—孙庄—小王庄—北尚庄—王徐庄—沈庄—前苗庄。

Ⅲ 贝堤: 北段, 小王庄—张贵庄—巨葛庄—南八里台—中塘; 南北大港间分为三

支：西为大苏庄—小刘庄—窦庄；中为坡江—友爱；东为沙井子；南段：王肖庄—武帝台及常庄—边庄，并向黄河三角洲延伸。

Ⅱ 贝堤：白沙岭—军粮城—泥沽—上沽林—马棚口—岐口—狼坨子。

I 贝堤：基本沿海岸分布，在马棚口与Ⅱ贝堤汇合。

渤海湾北岸及黄河三角洲沿海（如沾化小沙等地），亦有贝壳堤与西岸的I贝堤相连。

莱州湾西岸，作者在寿光郭井子至广饶小刘庄亦发现一道贝壳堤，可与渤海湾沿岸的贝壳堤一并编号为Ⅶ贝壳（图2A）。

辽东湾西岸，作者在锦州蚂蚁屯亦发现一道贝壳堤。

2. 黄海沿岸

苏北平原中部已发现四道贝壳堤，自西而东为（图2B）^[30,31,34]：

西冈：羊寨—喻口—桃园—两合—龙冈—大李庄—黄沙港—大冈。

中冈：西桃园—西条龙—上冈。

东冈：北沙—施庄—草埝—上冈—盐城—刘庄—东台。

新冈：南洋—北滩—龙堤—四灶。

此外，在废黄河两侧，除强烈蚀退岸外，还有一列贝壳堤正在形成中。

苏北平原北部，也有四道贝壳砂堤的报道^[29]。

在辽东半岛南岸大孤山地区，曾有三道贝壳堤的报道。经作者观察，该地区确有贝壳堤发育（如大孤山东南的张家砬子），但有的牡蛎壳堆积（如刘义砬子）似为人工堆积。

3. 东海沿岸与陆架

北起长江之滨福山，南迄杭州湾畔漕泾、柘林一线，断续分布几道近乎平行的贝壳砂堤，叠覆在长江三角洲淤泥—粉砂质平原上，构成纵贯上海市西部的“冈身”（图2C）。据报道，“在吴淞江以北，冈身计有五条，分别称为浅冈、沙冈、外冈、青冈和东冈。吴淞江以南，则有沙、紫、竹三冈并列”，上海县颛桥镇东，又觅获一条贝壳砂带，称横泾冈^[39]。

上海市中部和东南部，亦发现几条贝壳砂带，分别称之为盛桥—航头砂带、奉城堤、西砂和东砂，及杭州湾北岸的金山卫和南汇二堤^[28]。

台湾海峡西岸的若干河口三角洲或小海湾内，亦有贝壳堤发育（图1），如龙海充龙贝壳堤^[32]，饶平黄梦岛贝壳堤^[31,33]，但前者有砾石加入，后者面积广，厚度大，二者均不甚典型。

东海陆架外缘北段（30°20′—32°40′N，126°10′—128°10′E），亦有四列贝壳堤分布的报道^[19,24]，自西向东，它们的保存水深分别为，I堤100—110m，II堤120—130m，III堤130—140m，IV堤，150—160m。在南段，亦有一道贝壳堤发现，其水深为141m。

4. 南海沿岸

在韩江三角洲中部，作者发现一道典型的贝壳堤，从峙头经仙洲、盐灶、樟林、里美、北陇至下坑，称樟林—里美贝壳堤（图1）^[31]。

在红海湾北岸平原上，作者亦发现一道贝壳堤，海丰县梅陇镇即座落其上（图1）^[33]

三、贝壳堤的地貌与沉积特征

1. 几何形态

在渤海西南岸、苏北平原、长江三角洲南部和韩江三角洲, 贝壳堤是典型而巨大的。它们延伸几百米或几公里, 断续延伸长达几十甚至近百公里, 宽 20—300 米, 一般 50—60 米, 个别达 500 米或更多, 厚 0.5—5 米, 一般 1—2 米。

贝壳堤剖面一般呈透镜状, 具有浅的底和突出的脊, 叠覆在泥质或粉砂质的沼地上, 高出周围平原 0.5—4 米。这些贝壳堤和沼泽构成沼泽与脊带状相间的平原, 宽达几十公里, 也就是 Price 所称的 chenier plain^[2]。

2. 物质成分

中国贝壳堤的物质组成主要是贝壳和细砂, 但不同地区不同贝壳堤含量显著不同。在渤海湾西岸、莱州湾西岸、黄河三角洲与韩江三角洲, 贝壳堤几乎全部由贝壳物质组成。而在苏北平原, 贝壳堤基本上由细砂组成, 贝壳含量一般不到 15%。在长江三角洲南部, 贝壳的含量变化在贝壳堤的 10—80% 之间^[23, 39]。

3. 生物组合

中国贝壳堤的贝壳种属比较复杂, 达 30 种以上。虽然不同地区不同贝壳堤的种属组成具有各自的特征, 但在总体上, 台湾海峡以北地区有着明显的一致性。主要是毛蚶 (*Arca subcrenate*)、四角蛤蜊 (*Macra quadrangularis*)、青蛤 (*Cyclina sinensis*)、托氏蜆螺 (*Umbonium thomosi*)、扁玉螺 (*Polynices dydyma*)、文蛤 (*Meretrix meretrix*)、杜氏笋螺 (*Terebra aussumieri*)、篮蛤 (*Aloididae sp.*)、缢蛏 (*Sinonovacula constricta*)、近江牡蛎 (*Ostrea vivularis*) 等, 其中大多数是现今生活在温带潮间带浅海泥、砂质海底的现生种属, 表明其生态环境是潮坪。而且, 从贝壳的产出条件看, 它们主要是碎屑和砂, 其表面受到强烈的磨蚀, 不同种类的贝壳彼此混杂在一起^[23, 27, 39]。

渤海湾西岸 III、II、I 三道贝壳堤的微体古生物研究表明, 在贝壳堤中含有丰富的有孔虫和少量的介形虫, 但它们的属种比较单调, 以生活在滨海潮间带的为主^[38]。

有孔虫主要属种有: 毕克卷转虫变种 (*Ammonia beccarii var.*)、厚壁卷转虫 (*A. confertitesta*)、同现卷转虫 (*A. annectens*)、异地希望虫 (*Elphidium advenum*)、易变希望虫 (*Cribrononion incertum*)、亚洲希望虫 (*Elphidium asiaticum*)、波伊艾筛九字虫 (*Cribrononion*)、五块虫 (*Quinqueloculina spp.*)、浑元三块虫 (*Triloculina rodunda*)。

介形虫主要有: 宽卵中华丽花介 (*Sinocytheridea latiovata*)、东台新鲜单角介 (*Neomonoceratina dongtaiensis*)、丰满陈氏介 (*Tanella opima*)、霍氏棘皮艳花介 (*Leguminocythereis hodgii*)、纯净小玻璃介 (*Candoniella albicans*) 等。

贝壳堤中所含孢粉不多, 属种比较单调, 主要有松属 (*Pinus sp.*)、柏科 (*Cupressaceae*)、栎属 (*Quercus sp.*)、胡桃属 (*Juglans sp.*)、藜科 (*Chenopodiaceae*)、菊科 (*Compositae*)、蒿属 (*Artamisia sp.*)、香蒲属 (*Typha sp.*)、凤尾蕨属 (*Pteris sp.*) 和蕨属 (*Pteridium sp.*)。

孢粉分析还发现海相的刺球藻 (*Hystrichosphaera*)、湖沼相的环纹藻(*Concentricystes*)及盘星藻 (*Pediastrum*)。

4. 粒度与矿物成分

苏北平原和长江三角洲南部贝壳堤的主要粒度参数是： $\sigma_1 = 0.25-0.43$, $Sk_1 = -0.34-0.14$, $M_z = 2.3-1.9\phi$, $K_g = 0.70-1.66$ 。将 σ_1 和 Sk_1 投到Friedman概括的散点图上，所有的点都落在海滩砂的范围内。粒度成分的概率曲线具有四种组分，滚动组分与悬浮组分不足重量的10%，跃移组分超过80%，而且，往往能分为海滩砂所特有的较粗与较细的两部分^[34,39]。

苏北平原与长江三角洲南部贝壳堤砂粒的矿物成分相似，其中以石英为主(>70%)，还有长石、重矿物等。重矿物约有20种，占砂粒总重量的5%以上^[34,28]。

5. 层理

贝壳堤内部的沉积结构很简单，大多数为平行层理与低角度的交错层理，向海倾斜多为4—6°，向陆倾斜多为10°以上。

四、贝壳堤的形成年代

表1 未加选择地列出了现已发表的中国贝壳堤样品的¹⁴C年代测定结果，而不管这

表1 中国沿海与邻近陆架贝壳堤样品的¹⁴C年代测定结果

Table 1 ¹⁴C Dating of Samples from Cheniers Along the Coastal Area in China and on the Adjacent Shelf

地区 Areas	编 号 Sample No.	贝 壳 堤 名 称 与 地 点 Cheniers and Localities	年代* (距今计年) Ages(yr.BP.)	文献 Refs.
渤 海 沿 岸	CG-277	沾化、小沙, I 贝堤	520 ± 85	[37]
	CG-276	沾化、小沙, I 贝堤	770 ± 75	[37]
	CG-69	黄骅、山支口, I 贝堤	1080 ± 90	[23]
	CG-73	黄骅、山支口, I 贝堤	2020 ± 100	[23]
	CG-75	天津、白沙岭, I 贝堤	1460 ± 95	[23]
	73-03	天津、军粮城, I 贝堤	1790 ± 100	[25]
	CG-74	天津、上沽林, I 贝堤	2030 ± 150	[23]
	73-02	天津、上沽林, I 贝堤	2290 ± 120	[25]
	73-01	天津、泥沽, I 贝堤	2530 ± 120	[25]
	73-09	天津、八一扬水站, I 贝堤	2700 ± 120	[25]
	CG-179	天津 小刘庄, II 贝堤	3060 ± 130	[23]
	GC-18	天津 巨葛庄, II 贝堤	3400 ± 115	[25]
	CG-173	海兴、常庄, II 贝堤	3495 ± 115	[23]
	73-08	天津、南八里台, II 贝堤	3730 ± 150	[25]
	73-04A	天津、张贵庄, II 贝堤	3040 ± 120	[25]
	73-04B	天津 张贵庄, II 贝堤	3880 ± 160	[25]
	CG-326	天津 翟庄, IV 贝堤	4185 ± 80	[23]
	CG-327	天津 翟庄, IV 贝堤	5115 ± 85	[23]
	CG-174	黄骅 前苗庄, IV 贝堤	3955 ± 70	[23]
	CG-175	黄骅 前苗庄, IV 贝堤	3955 ± 70	[23]
	CG-176(1)	黄骅 前苗庄, IV 贝堤	4205 ± 105	[23]
	CG-176(2)	黄骅 前苗庄, IV 贝堤	5235 ± 140	[23]
	CG-177	黄骅 前苗庄, IV 贝堤	4740 ± 105	[23]
	CG-281	寿光、郭井子, V 贝堤	5685 ± 110	[37]

续表 1

地区 Areas	编 号 Sample No.	贝 壳 堤 名 称 与 地 点 Cheniers and Localities	年代* (距今计年) Ages(yr. BP.)	文献 Refs.
黄 海 沿 岸	SH-37	盐城, 南洋, 新冈	1150 ± 50	[30]
	CG-529	建湖, 上冈, 东冈	125 ± 70	[35]
	CG-530	建湖, 上冈, 东冈	3310 ± 80	[35]
	SH-36	建湖, 上冈, 东冈	3880 ± 60	[30]
	SH-35	盐城, 大冈, 西冈	5680 ± 70	[30]
	SH-34	阜宁, 两合, 西冈	6540 ± 79	[30]
东 海 沿 岸 与 外 陆 架	HL-	南汇, 中港, 东砂	580 ± 90	[28]
	HL-81019	南汇, 军民, 西砂	600 ± 85	[28]
	HL-81020	奉贤, 洪庙, 奉城堤	730 ± 90	[28]
	SH-44	上海, 颛桥, 横泾, 横泾冈	3240 ± 70	[39]
	CG-234	奉贤, 柘林, 朱家, 竹冈	3820 ± 110	[21]
	CG-235	奉贤, 柘林, 朱家, 竹冈	6835 ± 80	[21]
	CG-243	上海, 马桥, 俞塘, 竹冈	3670 ± 105	[21]
	CG-244	上海, 马桥, 俞塘, 竹冈	6150 ± 120	[21]
	ZK-344-I	上海, 马桥, 俞塘, 竹冈	5520 ± 180	[36]
	SH-51	奉贤, 江海, 曹泾, 竹冈	4160 ± 70	[39]
	SH-68	奉贤, 柘林, 儿家宅, 竹冈	5550 ± 70	[39]
	SH-48	奉贤, 柘林, 儿家宅, 竹冈	5560 ± 75	[39]
	SH-70	太仓, 双凤, 盐铁塘, 外冈	4110 ± 70	[39]
	HL-81028	嘉定, 张家宅, 外冈 (沙冈)	5230 ± 140	[28]
	SH-39	上海, 颛桥, 陈家塘, 紫冈	5715 ± 80	[39]
	SH-40	上海, 颛桥, 陈家塘, 紫冈	5700 ± 80	[39]
	SH-46	嘉定, 方泰, 黑家弄, 沙冈	5135 ± 75	[39]
	SH-47	嘉定, 方泰, 黑家弄, 沙冈	4950 ± 75	[39]
	SH-45	上海, 马桥, 沙脊, 沙冈	5730 ± 75	[39]
	SH-50	金山, 漕泾, 见龙, 沙冈	5910 ± 75	[39]
	SH-65	金山, 漕泾, 高宅基, 沙冈	6605 ± 65	[39]
	HL-81005	金山, 漕泾, 沙脊, 沙冈	6400 ± 100	[28]
	SH-77	嘉定, 黄渡, 龚浦, 浅冈	6320 ± 70	[39]
	GC-313	龙海, 充龙, 充龙贝壳堤	1870 ± 100	[32]
	GC-314	龙海, 充龙, 充龙贝壳堤	2350 ± 120	[32]
	GC-315	龙海, 充龙, 充龙贝壳堤	3800 ± 150	[32]
	CG-442	饶平 黄隆 黄隆 I 贝堤	2420 ± 75	[31]
	CG-444	饶平 黄隆 黄隆 I 贝堤	2820 ± 85	[31]
	CG-445	饶平 黄隆 黄隆 II 贝堤	5980 ± 100	[33]
	CG-446	饶平 黄隆 黄隆 II 贝堤	3650 ± 90	[33]
	GC-275	30°30'N, 128°00'E - 154m	14780 ± 700	[19]
	GC-343	28°00'N, 126°30'E - 141m	17600 ± 1000	[19]
	GC-221	31°30'N, 127°30'E - 136m	20550 ± 1000	[19]
	GC-279	32°30'N, 126°30'E - 112m	23700 ± 900	[19]
南 海 沿 岸	CG-440	澄海 樟林, 樟林贝壳堤	2485 ± 70	[31]
	CG-441	澄海 樟林, 樟林贝壳堤	3265 ± 85	[31]
	CG-452	澄海 里美, 樟林贝壳堤	3190 ± 85	[31]
	CG-459	海丰, 梅陇, 梅陇贝壳堤	3030 ± 85	[33]

* 半衰期5570或5568年, 计年起点1950年。

些数据在地质解释上可靠程度如何,其中大多数样品经作者实地考察,或为作者所采。而对那些作者经考察后认为不属于贝壳堤范筹的贝壳或牡蛎样品(如辽南大孤山刘义砣子等),不管其数据本身可靠与否,本文未予列入,其地质或考古意义将另行讨论。

比较表1与图1、2,并考虑野外贝壳堤的产出情况,可以看出如下规律性:

1) ^{14}C 年代数据有一定集中性与明显地域性。如东海外陆架四道贝壳堤 ^{14}C 年龄在距今24,000与15,000年间,相当于末次冰期最盛期,且从陆向海年龄减小。对于出露于中国东部沿海的贝壳堤,它们 ^{14}C 年龄均小于7,000年,亦有由陆向海年龄变小的趋势。

2) 同一贝壳堤不同地段贝壳样品的 ^{14}C 年龄数据可以对比。

3) 同一贝壳堤不同层位贝壳样品的 ^{14}C 年代数据往往与地层层序一致,即上部样品年龄小于下部。

由此可以得出结论,大多数贝壳堤 ^{14}C 样品的年龄数据是可靠的,有代表性的。由此说明,构成贝壳堤的多数贝壳物质是在其生长过程中或刚刚死亡不久就被风浪掀起并堆积的。这与大多数贝壳的生存环境——潮间带与浅海泥质或粉砂质海底相一致。

仔细分析表1所列 ^{14}C 年代并与贝壳堤的地理分布、地貌部位、剖面特征和埋藏条件进行对比,可以看出,某些 ^{14}C 年代数据是与一般概念不一致的,甚至相当反常。如同贝壳堤中,有些样品明显偏老(如渤海湾西岸Ⅳ贝壳堤前苗庄CG-176(2)样、翟庄CG-327样,及长江三角洲南部竹冈CG-235样),与地层层序不一致,但能与下伏海相地层对比,很可能是激浪或暴风浪将下伏海相地层中的贝壳物质掀起并带至岸边堆积的结果。又如某些贝壳堤剖面上下部年龄差值过大(如上海的竹冈、龙海充龙贝壳堤及澄海樟林贝壳堤),则可能是具有不同年龄的两道贝壳堤彼此重叠的结果。此外,近代暴风浪、风暴潮、海啸,人类活动的影响(如建湖上冈CG-529样),风力吹飏与海岸变迁造成贝壳堤明显移动等情况,都可能造成年龄数据出现颠倒、异常等现象。总之,我们在分析贝壳堤年代数据时,必须将测得的年龄数据与样品的野外产出情况联系在一起考虑,既要考虑样品的代表性(是否代表该贝壳堤形成年代)、可靠性(是否受到天然污染或人为改造),又要分析造成年龄值与地质现象不相一致的原因。但要排除在样品的采集、编号及测量过程中的错误或受到人为污染的可能性。

在剔除了若干年龄数据较为可疑的样品后,我们可进一步探讨中国贝壳堤的形成年代及其他有关问题了。

根据现有贝壳堤样品 ^{14}C 年代测定结果(表1),考虑其代表性、可靠性及影响因素,参考考古证据与历史记载,中国贝壳堤形成时代可划为三大时期及若干阶段:

1) 距今24,000—15,000年时期 距今24,000与15,000年间,形成了东海外陆架4—5道贝壳堤,其中Ⅰ贝堤(-100~-110m)形成于23,700年前,Ⅱ贝堤(-120~-130m)约形成于20550年前,Ⅳ贝堤(-150~-160m)约形成于14,780年前;但Ⅲ贝堤(-130~-140m)尚无年龄数据。而在Ⅲ、Ⅳ贝堤之间的一道贝壳堤,约形成于17,600年前。

2) 距今7,000~5,000年时期 在距今7,000与5,000年间,在中国东部沿海平原的向陆一侧,发育了一至二道贝壳堤。它们是莱州湾西岸的Ⅴ贝堤(距今约5700年),苏北中部平原的西冈(距今6,500~5,600年间),长江三角洲南部淞北的浅冈(6,500年前)与沙冈(约5,300年前)和淞南的沙冈(距今6,800~6,000年间)和紫冈(约5,800年前)。

此外,还有饶平的黄隆Ⅱ贝壳堤亦形成于该时期。

3) 距今5,000年以来时期 过去5,000年间,中国东部沿海发育一系列贝壳堤,渤海湾西岸,四道贝壳堤年龄分别为距今4,700~4000年(Ⅳ贝壳)、3800~3000年(Ⅲ贝壳)、2500~1100年(Ⅱ贝壳)及700~100年(Ⅰ贝壳)。苏北中部平原、东冈与新风冈年龄分别是距今3800~3200年及1150年。长江三角洲南部,淞北外冈与淞南竹冈形成于距今4200~4000年间,横泾冈形成于3200年前,奉城堤与西砂及东砂形成于750~580年前。龙海的充龙贝壳堤、饶平的黄隆Ⅰ贝壳堤、澄海的樟林贝壳堤及海丰的梅陇贝壳堤,分别形成于距今3800~1800, 2800~2400, 3300~2400及约3030年。

由上述可知,中国贝壳堤的发育时代大体上是可以对比的。

五、贝壳堤的形成环境

关于贝壳堤的形成环境存在很多看法。Brouwer在描述苏里南贝壳堤序列时指出:“几乎所有的脊都是通过海滩推进而逐渐从东面发育的^[7]”。Russell和Howe认为,路易斯安那海岸的贝壳堤代表海岸平原向陆推移的海滩。他们认为贝壳堤是由于海滩沿一条后退岸线再改造的结果^[1]。Byrne等和Gould与McFarlan得出结论,脊是生长的形态,由紧贴以前形成的泥滩的向海方向沿一条基本上稳定的滨线直接形成^[4,3]。Todd提出了形成贝壳堤的三个必要条件:(1)海面稳定或后退;(2)河流泥沙供应的变化;(3)有效的沿岸流^[40]。

中国对贝壳堤成因的讨论始于渤海湾西岸,这里贝壳堤发育最好、最典型。王颖指出,贝壳堤是滨线由粉砂—淤泥构成时由于波浪作为海岸的主导营力而形成^[14]。许多研究者认为,渤海湾西岸贝壳堤的形成与携带巨量细粒泥沙入海的黄河变迁有关^[14,16]。蔡爱智认为,贝壳堤的形成条件是海滩与浅海由粘土质粉砂组成,离贝壳堤足100米内有1/100的坡度,离堤足向海100—300米内为1/300,更远为1/500—1/600^[27]。顾家裕等认为,苏北平原贝壳堤的形成条件是(1)海面基本稳定,(2)河流供应泥沙数量变化,(3)适当的海滩坡度(2-8%)^[34]。刘苍宇等认为,长江三角洲南部冈身或盐沼滩脊平原的形成是长江供应泥沙量的变化^[39]。

根据作者对中国贝壳堤的调查研究,并参考上述观点,认为中国贝壳堤形成的主要条件是:

1. 海面的相对稳定 从贝壳堤形成年龄判断,中国不同地区全新世贝壳堤基本可以相互对比,而且世界贝壳堤总体上也大致可对比,尽管有小差异^[8]。由于中全新世以来海平面只有小的波动,尤其是有几段几百至一千年的相对稳定时段,故贝壳堤得到了很好的发育。因此,海面的相对稳定性乃是贝壳堤发育的基本条件或前提之一。

2. 河流输沙量的变化,特别是河口的频繁变化,和海岸水动力因素的消长关系。

3. 一定的泥沙粒度和海滩坡度 适于贝壳堤发育的泥沙是淤泥或粉砂,适合的海滩坡度为2—10%。

我们以贝壳堤发育最好和最典型的渤海湾西岸为研究贝壳堤形成的例子。贝壳堤形成中,“必须兼备适于贝类繁殖,并被大风浪掀起和带至岸边堆积的底质、坡度与水动力等条件。这几种互相关联的环境条件与携带巨量细粒物质的大河注入与迁走密切有

关。渤海湾西岸,黄河对贝堤发育起着总体有利与局部不利的双重作用。有利面是黄河泥沙所形成的粉砂和淤泥质海岸,使贝壳物质成为相对较粗的成堤物质。但黄河注入巨量泥沙浑化了海水,降低了波浪水流的冲刷力,使三角洲迅速扩大,不利于贝堤在河口及近岸段形成。而当黄河迁至远处入海,泥沙来源骤减,波浪重新冲刷改造海岸,使淤泥物质带向外海,海岸坡度逐渐加大,激浪重新活跃至岸边地区,把在底质较粗的海底上大量繁殖的贝壳携至岸边堆积,因而有利于贝堤形成。黄河对贝堤形成的双重作用的辩证关系,使我们容易理解北宋黄河在泥沽入海形成泥沽至大沽间地块,贝堤为何在马棚口以北停止发育,也容易理解西汉与战国时代黄河在渤海湾入海时Ⅱ贝堤继续发育的原因了”^[23]。

六、贝壳堤所反映的海岸线变迁

如前所述,贝壳堤是一种滩脊,代表一条可靠的古滨线。据中国贝壳堤地理分布与形成时代,参考古海岸线与古海平面的其他标志^[20],24000年来不同时期的古海岸线位置被勾绘在图1和图2中。由图可看出,24000年来中国东部的古岸线变迁能归并为:

1. 距今24000~15000年间的最低海面

距今30,000年左右开始的海面迅速下降过程中,曾几度停顿,形成了东海外陆架4—5条埋藏的古贝壳堤。从其埋藏深度与¹⁴C年龄测定结果看,古岸线在距今23700年左右停顿于水深115m,20,550年左右于137m,17600年左右于143m,海面在16,000—15,000年间下降到最低点: -150~-160m。代表最低海面的古岸线与陆架转折一致:始于济州岛以南,呈弧形凸出,绕过我国钓鱼岛外缘,最后弯向台湾省东北角。

2. 距今15,000—7,000年间的海面迅速上升

在距今15000—7000年时期,海面随气候回暖、冰川消退而迅速上升,其平均上升率达16.7mm/yr.,虽然其间曾有几度小停顿,但这对贝壳堤发育来说实在太快了。

3. 距今7,000与5,000年间的最高海面

据中国东部沿海地区的研究,我们倾向于认为,冰后期即全新世的高海面是确实存在的。由于第一海相层与海陆过渡相地层的分布在辽东湾北岸达到盘山;在渤海湾西岸达到宝坻—天津—文安—沧县—海兴一线;在莱州湾西岸达到广饶地区;在苏北大里下河;在苏南浙北达太湖与杭嘉湖地区,因而在此时期,莱州湾西岸的Ⅴ贝堤,苏北的西冈,长江三角洲南部的浅冈,沙冈和紫冈形成于全新世海侵范围以内浅海之中。从这些脊的沉积特征判断,它们或属于滨外堤^[34],或由滨外堤(即沙坝)逐渐发育为沿岸堤(在粉砂或淤泥质海岸为贝壳堤)。因此,这些堤脊往往并不代表一条稳定的古岸线。

4. 距今5000年来的海面波动与下降

5000年来,因海面微微波动下降,河流携带泥沙大量堆积,海岸线逐渐推进到现今位置,留下几条以贝壳堤为代表的古岸线。渤海湾西岸,四条古岸线分别由距今4,700~4000年所成Ⅳ贝壳,3800~3000年所成Ⅲ贝堤,2500~1100年所成Ⅱ贝堤及700~100年所成Ⅰ贝堤为代表。在苏北平原,为时代与渤海湾西岸几条贝壳堤相当的中冈、东冈、新冈所代表。长江三角洲南部,由淞北外冈、青冈、东冈及淞南竹冈与横泾冈等所代表。

由贝壳堤所反映的中国海岸线位置与变迁过程可以看出,海面变化与河流的泥沙供应是影响海岸发育的两大重要因素。

参 考 文 献

- [1] Russell, R.J. & H. V. Howe: Cheniers of southwestern Louisiana, *Geog. Review*, 25, (1935) 449—461.
- [2] Price, W.A.: Environment and formation of the chenier plain, *Quaternaria*, 2(1955), 75—86.
- [3] Gould, H.R. & E. Mc Farlan: Geologic history of the chenier plain, southwestern Louisiana, *Gulf Coast Assoc. Soc. Trans.*, 9(1959), 261—272.
- [4] Byrne, J.V., D.O. Loroy & C.M. Riley: The chenier plain and its stratigraphy, southwestern Louisiana, *Gulf Coast, Assoc. Geol. Soc. Trans.*, 9(1959), 1—23, main 237—260, *J. Sed. Pet.*
- [5] Mc Farlan, E.J.: Radiocarbon dating of late Quaternary deposits, south Louisiana, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 72(1961), 129—158.
- [6] Hoyt, J.H.: Cheniers versus barrier, genetic and stratigraphic distinction, *Amer. Assoc. Petroleum Geol. Bull.*, 35(1969), 299—306.
- [7] Brouwer, A.: Rhythmic depositional features of the East Surinam Coastal Plain, *Geol. en Mijnb.*, 15(6), (1953), 226—236.
- [8] Schofield, J.C.: Sea level fluctuations during the last 4,000 years as recorded by a chenier plain, Firth of Thames, New Zealand, *N.Z. J. Geol. Geophys.*, 3(3), (1960), 467—485.
- [9] Cook, P.J. & H.A. Polach: A chenier sequence at Broad sound, Queensland and evidence against a Holocene high sealevel, *Mar. Geol.*, 14(1973), 253—268.
- [10] Greensmith, J.T. & E. V. Tucker: Dynamic structures in the Holocene chenier plain setting of Essex, England, in J. Hails & A. Carr (eds.) *Nearshore Sediment Dynamic, and Sedimentation* 1975, 251—257.
- [11] Kolf, C.R. & W.K. Dornbusch: The Mississippi and Meikong deltas—a comparison in Delta, 1975.
- [12] 陈吉余等: 长江三角洲地貌发育, 《地理学报》, 25卷3期, 1959, 201—220.
- [13] 李世瑜: 古代渤海湾西部海岸遗迹及地下文物的初步调查研究, 《考古》, 6期, 1962, 652—657.
- [14] 王颖: 渤海湾西部贝壳堤与古岸线问题, 《南京大学学报》(自然科学版), 8卷3期, 1964, 424—440.
- [15] 天津市文化局考古发掘队: 渤海湾西部古文化遗址调查, 《考古》, 2期, 1965, 62—69.
- [16] 天津市文化局考古发掘队: 渤海湾西岸考古调查和海岸线变迁研究, 《历史研究》, 1期, 1966, 52—56.
- [17] 谭其骧: 上海市大陆部分的海陆变迁和开发过程, 《考古》, 1期, 1973, 2—10.
- [18] 黄宣佩等: 从考古发现谈上海成陆年代及港口发展, 《文物》, 1期, 1976, 45—59.
- [19] 朱永其等: 关于东海大陆架晚更新世低海面, 《科学通报》, 24卷7期, 1979, 317—320.
- [20] 赵希涛等: 中国东部20,000年来的海平面变化, 《海洋学报》, 1卷2期, 1979, 269—281.
- [21] 张景文等: 上海马桥柘林贝壳堤的年代测定, 《地震地质》, 1卷4期, 1979, 10.
- [22] 赵希涛: 渤海湾西岸全新世海岸线变迁, 《华北断块区的形成与发展》, 科学出版社, 1980, 302—309.
- [23] 赵希涛等: 渤海湾西岸的贝壳堤, 《科学通报》, 25卷6期, 1980, 279—281.
- [24] 任美镔、曾成开: 论现实主义原则在海洋地质学中的应用, 《海洋学报》, 2卷2期, 1980, 91—111.
- [25] 中国科学院地球化学研究所第四纪地质组、 ^{14}C 组: 渤海湾西岸全新世海岸变迁, 《中国第四纪研究》, 5卷1期, 1980, 64—69.
- [26] 赵希涛、张景文: 渤海湾西岸第四道贝壳堤存在与年代的新证据, 《地质科学》, 1期, 1981, 29.
- [27] 蔡爱智: 渤海湾贝壳堤成因初步研究, 《海洋科学集刊》(第18集), 1981 117—132.
- [28] 章申民等: 上海滨海平原贝壳砂堤, 《华东师范大学学报》(自然科学版), 3期, 1982, 81—93.
- [29] 张传藻、葛殿铭: 海州湾岸线变化特征, 《海洋科学》, 3期, 1982, 13—20.
- [30] 虞志英等: 关于苏北中部平原海岸古砂堤形成年代的新认识, 《海洋学报》, 4期, 1982, 11—14.
- [31] 张景文等: 闽南粤东沿海晚第四纪地层与新构造运动的年代学研究, 《地震地质》, 4卷3期, 1982, 27—36.
- [32] 陈承惠等: 闽南沿海全新世地质年代学研究, 《台湾海峡》1卷2期, 1982, 64—73.
- [33] 赵希涛等: 中国全新世海滩岩的形成年代及其对海平面变化的反映, 《地质科研成果选集》(第一集), 文物出版社, 1982, 173—178.
- [34] 顾家裕等: 苏北中部沿海平原贝壳砂堤, 《沉积学报》, 1卷2期, 1983, 47—59.
- [35] 张景文等: 苏北地区全新世海陆变迁的年代学研究, 《海洋科学》6期, 1983, 8—11.
- [36] 中国社会科学院考古研究所: 中国考古学中碳十四年代数据集, 文物出版社, 1983.
- [37] 彭贵等: 渤海沿岸泥炭、贝壳样品 ^{14}C 年代测定与第四纪晚期渤海海侵, 《第一次全国 ^{14}C 学术会议文集》, 学科出版社, 1981, 144—149.
- [38] 徐家声等: 渤海湾西岸贝壳堤的微体古生物研究, 《科学通报》, 29卷11期, 1984, 682—285.
- [39] 刘苍宇等: 长江三角洲南部古沙堤(冈身)的沉积特征、成因及年代, 《海洋学报》, 7卷1期, 1984, 55—66.
- [40] Todd, T.W.: Dynamic diversions influence of longshore current-tidal, flow interection on chenier and barrier inland plains, *J. Sediment. Petrol.*, 38(3) 1968, 734—746.

DEVELOPMENT OF CHENIERS IN CHINA AND THEIR REFLECTION ON THE COASTLINE SHIFT

Zhao Xitao

(*Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing*)

Key words: Chenier; Sedimentary Characteristics; Carbon-14 dating;
Holocene; paleocoastline

ABSTRACT

Chenier, a special beach ridge characteristic of silty or muddy coasts, is widely distributed on the coastal plains and the adjacent shelves of eastern and southern China (Fig.1).

Along the west coast of the Bohai Gulf, four cheniers have been found, respectively (Fig.2A). In the central part of North Jiangsu plain, there are four cheniers which are called Xigang, Zhonggang, Donggang and Xinggang, respectively (Fig.2B). In the southern part of the Changjiang Delta, a series of cheniers have been found, respectively (Fig.2C).

The ^{14}C datings of 68 shell samples from cheniers in China are listed in Table 1. The reliability of these datings and their affecting factors have been reviewed.

Based on the ^{14}C dates, the development of the cheniers in China can be divided into three periods of 24,000-15,000BP, 7,000-5,000BP and since 5,000 BP. The chenier groups of various periods are distributed on different geomorphologic positions and each group consists of a few cheniers formed in various stages.

The main conditions for the formation of cheniers in China are: (1) Relative stability of sea level; (2) changes of yield of river sediments especially frequent changes of river mouths, and growth and decline of the littoral dynamic factors; and (3) certain grain size of sediments and slope of beach.

Based on the geomorphologic positions and ages of formation of cheniers in China, the paleocoastline positions of various periods since 24,000 BP have been plotted on the distribution maps of cheniers along the coast and on the adjacent shelf of eastern China (Figs.1 and 2). The history of the coastline shifts and the features of the sea level changes in China during the last 24,000 years are also discussed in this paper.