

文章编号: 1000-0585(2002)04-0469-10

江苏海岸侵蚀过程及其趋势

张忍顺, 陆丽云, 王艳红

(南京师范大学海洋及滩涂研究所, 南京 210097)

摘要: 江苏省侵蚀海岸的总长度为 301.7km, 分为 4 段: 废黄河三角洲海岸、连云港海岸、吕四海岸以及海州湾的沙质海岸。各段海岸侵蚀原因不同。废黄河三角洲海岸是因黄河改道失去泥沙来源; 吕四与连云港海岸则因辐射沙洲调整过程中滨岸水道的向岸移动造成的; 而北部沙岸则是因人类活动(上游建设水库及开挖海滩沙)的干扰。江苏海岸是一个沉积物准封闭系统, 全球性海平面上升将加剧这一侵蚀过程, 预计未来侵蚀海岸的长度将增加, 辐射沙洲区的外围沙洲将因侵蚀而向中心区退缩。一些目前是隐型侵蚀的岸段将向显性侵蚀的阶段发展。由于连云港到长江口北支的岸段是软性海岸, 缺乏硬质节点, 在没有建造大型人工设施的前提下, 估计江苏海岸动态及制定开发规划时必须考虑平直化的大趋势。

关键词: 海岸侵蚀; 潮汐水道; 人类活动; 江苏

中图分类号: P737.17 **文献标识码:** A

1 前言

江苏海岸以兼有快速的淤长岸段及剧烈的蚀退岸段而闻名。侵蚀岸段长 194.7km, 占江苏海岸总长度的 20.4%; 加上由淤长向蚀退的过渡型海岸长度 76.9km, 淤泥质侵蚀岸段总长达 271.6km, 占海岸总长度的 28.5%。再加上几乎全属侵蚀岸段的沙质海岸, 侵蚀岸段总长度达 301.7km, 占 31.6%, 即几乎 1/3 的江苏海岸处于侵蚀状态(图 1)。这一状况与江苏海岸的三个主要特征有密切联系。

首先是受大河变迁的巨大影响。1128 年黄河夺淮由江苏北部入海, 其结果之一是迫使淮河由一个独流入海的河流变成了长江的支流; 黄河带来的大量径流, 尤其是细颗粒泥沙, 使江苏海岸发生了质变。长江河口的演变在江苏海岸带的南侧长期起着主要的作用。1855 年以后, 黄河北归, 江苏海岸又开始了逆向调整过程, 亦即泥沙再侵蚀、再搬运、再淤积。海岸剧烈冲刷则是该过程的一个组成部分^[1,2]; 其次是以淤泥质岸段为主。江苏现今的海岸主要是由黄河在 1128 年以来塑造的。延续 700 余年的黄河夺淮期间, 大约有 7000~8000 亿吨的泥沙入海, 使海岸迅速的淤长, 并由以沙质海岸为主变成了以淤泥质海岸为主, 淤泥质岸段的长度占整个江苏岸段的 90% 以上; 第三, 岸外辐射沙洲的不稳定性与海岸各岸段开敞度的差异性。1855 年黄河北归后, 外围沙洲以及南北两端的沙洲受到了侵蚀, 侵蚀下来的泥沙向近岸的中心区运移, 发育了大型明沙甚至沙岛, 有的已并岸。而南北两端的沙洲要么被夷平, 如黄河水下三角部分, 要么沙洲规模日趋减小。各沙

收稿日期: 2001-11-08; 修订日期: 2002-03-26

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(00171)

作者简介: 张忍顺(1940-), 男, 江苏徐州人, 教授, 博导。研究方向为海岸动力地貌与海岸带开发利用, 已发表专著《江苏岸外沙洲演变与条子泥并陆前景研究》等及论文 60 余篇。

脊间的潮流通道或发生侧向运动，或冲蚀海岸，或两者兼而有之。这个过程至今还在延续。岸外沙洲的分布与移动形成了江苏各岸段开敞度的差异及变化。濒临近岸潮流通道的各岸段也可能处于或冲或淤的不同地貌部位。

2 江苏各侵蚀岸段的侵蚀过程

由于江苏各段侵蚀海岸受大河影响及岸外沙洲掩护的程度差异较大，主导的海岸动力因素也不同，因此各岸段侵蚀过程亦有明显的差别。

2.1 废黄河三角洲前缘海岸（大板跳——射阳河口）

黄河夺淮的 700 余年间，在南至射阳河口，北至埭子河口的苏北沿海塑造了面积达 7160km²的褶扇形三角洲（图 2）。黄河北归后，三角洲岸线因巨量泥沙供应断绝而形成了以六合庄为中心的侵蚀岸段。苏北黄河三角洲的侵蚀至少有以下四种地貌表现^[3~7]。



图 1 江苏海岸侵蚀岸段的分布

Fig. 1 Distribution of Jiangsu erosional coast

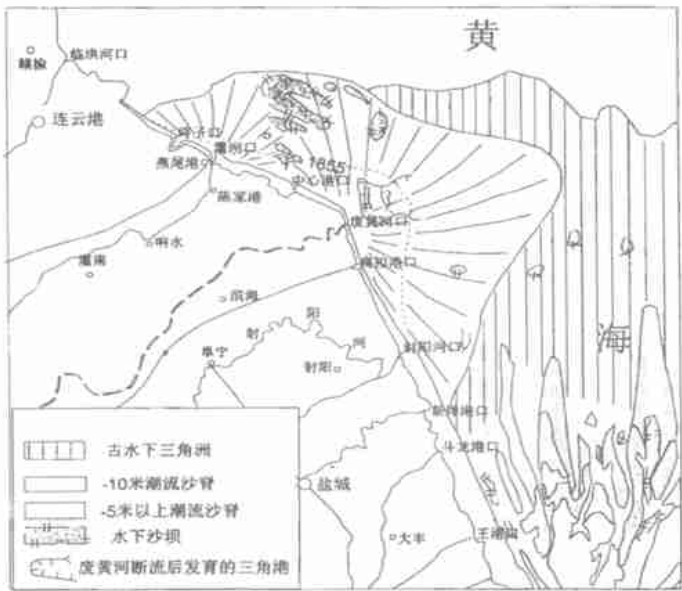


图 2 废黄河三角洲及水下三角洲的分布

(据江苏省海岸带与滩涂资源综合调查报告改绘)

Fig. 2 Distribution of submarine delta of the abandoned Huanghe River Delta

2.1.1 河口迅速后退

根据历史考证及现代测量资料，伸入海中的废黄河口在 1855 年后的最初几年内，后退速度达 1km/a 以上；随着河口的后退及它在江苏海岸的突显度的减低，岸线侵蚀速度

渐渐降低，但直到 20 世纪中期，岸线后退速度仍可达 100m/a。1923 ~ 1956 年六合庄岸线后退速度 106m/a，南侧振东闸附近为 83m/a，北侧废黄河尖为 70m/a。在 1949 ~ 1952 年修建了主海堤，70 年代以后采用了护岸工程，岸线蚀退有明显缓和。以上三处岸线后退速度下降分别为 60m/a，50m/a 以及 26m/a。但另一种重要的侵蚀过程显著加剧，即滩面的下蚀。

2.1.2 河口海岸潮下带的滩面侵蚀加剧（表 1）。

表 1 六合庄海堤脚滩面高程（废黄河基面）的变化

Tab. 1 Changing of heights of the tidal flat before Liuhezhuang sea wall

年 份	1968	1980	1986	1992
滩面高程 (m)	+ 1. 5	+ 0. 4	- 0. 3	- 1. 2
下蚀速度 (cm/a)	10	12	15	

由此可见，随着海堤和岸滩防护工程的加强，滩面下蚀速度有加速的趋势。

2.1.3 河口区两侧的三角洲前缘岸线后退

废黄河三角洲海岸的南北两端一般认为是射阳河口及埭子口。为了叙述方便，北端选为云台山麓的烧香河口（即大板跳）。1855 年以后的最初几年，岸线后退强烈，以后逐渐降低，至今仍在遭受侵蚀，侵蚀岸段长度不断扩大。岸段离废黄河口越近，侵蚀速度则越快。

2.1.4 水下三角洲的夷平

黄河北归后水下三角洲经历了夷平过程。口外的五条沙及南北相邻的沙洲至今已大致被夷平，只是在局部海域还残留着几片垄岗状海底台地。据近代海图和现代测量资料，现在 - 15m 等深线距岸仅 4. 65km，- 10m 等深线距岸 2. 65km，- 5m 等深线距岸 2. 0km。15m 至 17m 等深线间的海底平原基本稳定，而 15m 等深线以浅的海床仍处于活跃的下蚀夷平状态（图 3）^[2,3,5,6]。

各等深线向岸移动意味着海床降低。90 年代上半叶，河口附近岸外 15m 等深线以浅的海底下蚀速度是非常惊人的，达 0. 25m/a 以上，5 ~ 12m 的海底下蚀最快，可达 0. 56m/a。

表 2 废黄河水下 10m 等深线离岸距离的变化

Tab. 2 Changing of space from 10m isobath to land near the abandoned Huanghe River delta

年 份	1937 *	1962	1994
距离 (km)	20	12	5
速度 (km/a)	0. 32		0. 22

* 据英版海图^[2]

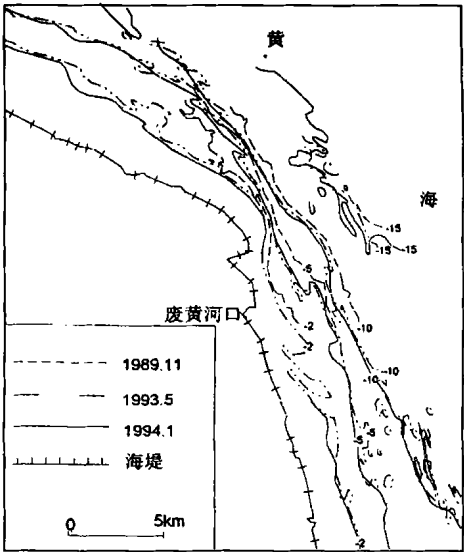


图 3 废黄河水下三角洲等深线向岸移动
Fig. 3 Landward movement of the isobaths of the submarine delta of the abandoned Huanghe River Delta

2.2 江港海岸

江港位于辐射沙洲内缘中心，该岸段的侵蚀和顺岸展布的大型潮沟的动态有关。大型潮沟向岸摆动到潮间上带或潮上带，往往形成相对高度达 4~6m 的陡崖。每潮次中涨、落潮最大流速顶冲区的陡崖后退速度可以达到 20~30m 以上。近 20 年来江港海岸出现了 4 次威胁海堤的潮流侵蚀现象。图 4a 为王家槽在 1998 年向西北发育曲流，冲决三仓垦区海堤；b 是川东港向南发育曲流，威胁新围的东川垦区海堤。

与其他岸段的侵蚀现象不同，江港海岸的侵蚀是间歇性的。潮沟尽管是双向水流，其侵蚀过程主要取决于优势潮流。主要移动方式有局部切滩，或裁弯，或整段的移动。沟段一旦脱离了潮间上带或潮上带，陡崖前便淤积，侵蚀立即结束。而且侵蚀的段落也只限于靠近水道的高滩^[11~14]。

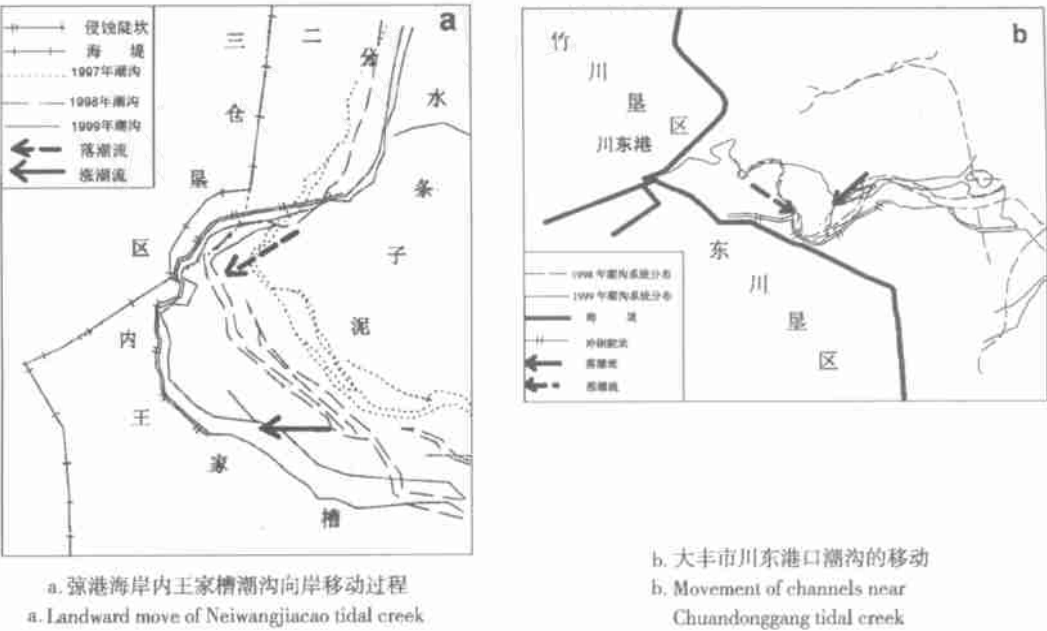


图 4 江港侵蚀海岸
Fig. 4 Jianggang erosional coast

2.3 吕四海岸（东灶港——蒿枝港）

吕四海岸指东灶港—蒿枝港之间的 28.6km 长的岸段。据 1916 年英版海图^[2]与 1969 年海图对比，其间的 53 年中，高滩平均后退 1km 以上，平均约 20m/a。1961~1962 年海堤的建造和以后护岸工程的兴建暂时缓解了海岸的后退，但是滩面的下蚀加剧。在 80 年代初，堤前潮上带和部分潮间带已因下蚀而缺失（图 5）。

由表 3 可见，这段海岸以大洋港—蒿枝港蚀退最为严重，整个潮滩断面全面下蚀，而且潮下带的侵蚀比潮间带更为严重，向两侧下蚀速度逐渐减小^[9,10]。

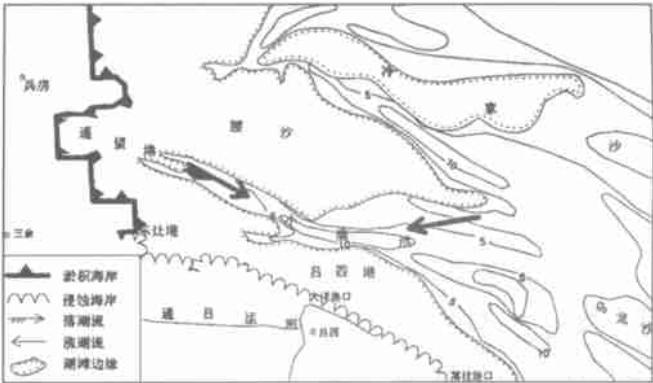


图 5 吕四海岸侵蚀状况

Fig. 5 Erosional situation of Lusi coast

表 3 1980—1988 年各岸段堤外潮滩下蚀速度 (cm/a)

Tab. 3 Vertical eroding rates of Lusi tidal flats (cm/a)

	东灶港— 小港底	小港底— 大洋港	大洋港— 蒿枝港	蒿枝港— 塘芦港
潮间带	- 0.04	- 0.83	- 3.14	- 2.30
潮下带	/	/	- 6.75	- 2.25

2.4 绣针河口—兴庄河口沙质海岸

这是江苏惟一的沙质海岸，在这一岸段上有许多源近流短的小河入海，如绣针河口、拓汪河口、石桥河口、龙王河口、兴庄河口，以龙王河为最长。它们均发源于鲁南丘陵，带来沙质沉积物供给海滨，形成沿岸沙堤和其后的潮湖，是一段发育不充分的堡岛海岸（图 6）。

该岸段侵蚀历史较长，目前海岸仍在后退。1929～1977 年，岸段后退 500m～1000m 不等，每年后退 10～20m/a。

3 海岸侵蚀原因的分析

江苏海岸侵蚀现象的成因相当复杂，既有大尺度的全球性背景，又有中尺度的动力泥沙因素巨变，亦有小尺度环境演化。

3.1 大河尾闾变迁使河口及三角洲海岸供沙条件发生巨变

1128 年黄河夺淮，1855 年黄河北归，对于江苏海岸而言是两个进行方向完全相反的泥沙条件的巨变事件。丰富的泥沙供应与活跃的动力环境是一对矛盾。当泥沙丰度占主导地位时，将抑制

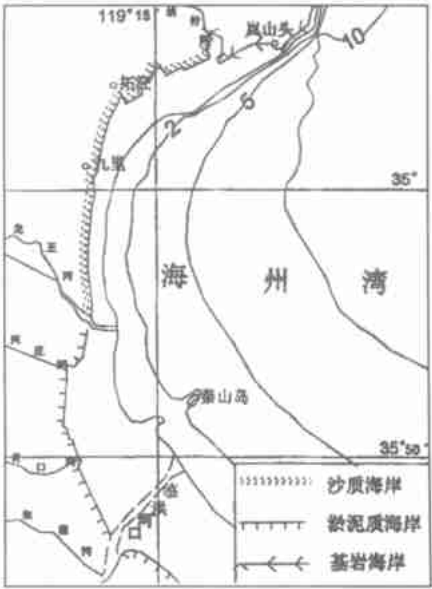


图 6 绣针河口至兴庄河口沙质海岸的侵蚀

Fig. 6 Eroding of the sandy coast from Xiuzhenhe River mouth to Xingzhuanghe River mouth

动力环境的活跃性, 从而造成迅速的淤积; 当泥沙来源断绝或大大减少, 则动力因素被激活, 堆积体将受侵蚀, 这时就开始了逆方向的调整过程。

其次是长江尾间的南迁。长江入海泥沙一部分向深海逸散, 另一部分在盛行沿岸流的作用下, 向浙闽沿海运移并沉积, 只有小部分泥沙随着长江径流扩散, 在夏秋季节可以顺岸北上, 但迁移距离不长。能得到长江泥沙供应的江苏岸段长度也不大。应该指出的是, 从元代开始, 经明代至清康熙年间约 300 多年内, 长江入海主流取北支。1980 年海岸带及滩涂资源调查曾查明现代长江入海的泥沙最远影响到吕四。显然泥沙的多少是和北支的分流分沙比有关。1915 年至今, 长江北支入海径流的分流比从 25 % 减少到 1 % 以下, 甚至有时出现倒流现象, 无疑这将明显减少本来就不算丰富的北上的泥沙量, 这也是吕四海岸遭受侵蚀的一个原因。

3.2 辐射沙洲沉积动力环境的调整使海岸冲刷易势

3.2.1 大型滨岸潮汐水道向岸移动是吕四海岸侵蚀的根本原因

辐射沙洲自 1855 年以来开始了时空尺度都很大的调整。吕四海岸北临小庙洪水道, 是辐射沙洲南翼的一个滨岸潮汐水道。近几十年来它一直向岸移动, 破坏了岸坡的剖面平衡状态, 引起向岸坡的下蚀及岸线的后退, 使吕四海岸长期以来一直处于侵蚀状态。

3.2.2 潮沟发育曲流产生局地性的海岸侵蚀

由于辐射沙洲至今还处于调整过程, 较大沙洲滩面尚不稳定, 沿岸潮沟发育曲流, 造成靠岸一侧严重的侵蚀。* 港海岸属强潮海岸, 当强潮流冲击高滩凹岸时, 出现了惊人的冲刷现象, 甚至是废黄河三角洲海岸所不能比拟的。但一旦滨岸水道向海摆动, 陡崖前立即转冲为淤。蚀淤交替是常见的事。

3.3 海岸开敞度造成了海岸受波浪作用的差异性

废黄河三角洲海岸由于现今不再受岸外沙洲的掩护而暴露在南黄海的波浪作用之下, 岸线与浅水区等深线向海突出, 使波浪在废黄河三角洲前缘辐合, 成为江苏沿海的大浪区, 因而波浪作用成为废黄河三角洲海岸的重要动力因素。

良好的隐蔽环境, 是目前中部海岸岸外的沙洲还处在淤长状态的动力原因。* 港海岸地处辐射沙洲中心, 受各大沙洲的掩护, 又是潮流辐聚消能泥沙富集的岸段, 是优良的沉积环境。

3.4 人类活动: 开挖沿岸沙堤和贝壳堤、上游水库的建设

在兴庄河口以北的是江苏惟一的一段沙质海岸, 海州湾北部沙岸的侵蚀已有相当长的历史, 在本世纪以来, 侵蚀有加快的趋势。

小塔山水库等上游水库及河口挡潮闸的兴建拦截了河流夹带的泥沙, 河流供给海岸的泥沙大为减少, 引起了海滩的冲刷。近 20 年来, 在河口沙咀开采建筑用沙, 使得沿岸漂沙不能通过河口转移。如绣针河口沙咀每年采挖 50 ~ 60 万吨。此外在龙王河口沙咀, 夜湖沙以及其他各河口都有采沙活动, 成为这段沙岸侵蚀加剧的直接原因。要维持这段沙岸, 仅停止采沙是不够的, 必须实施海滩养护计划。

在废黄河与大板跳之间的侵蚀性淤泥质海岸上形成了规模不等的贝壳堆积体, 尤其是埭子口与大板跳之间, 宽达 50 ~ 60m, 厚为 1.50 ~ 1.60m, 高程达 3.8 ~ 4.0m, 成为天然的消浪堤, 近二三十年以来贝壳堤被开挖作饲料添加剂, 以致于后侧的陆域侵蚀加重。

3.5 海岸侵蚀的大背景: 全球性海平面上升

当今全球海平面上升这一重大的环境变化已被公认, 它将导致风暴潮及风暴浪的强度增大, 频率增加, 从而海岸被侵蚀的强度和几率也会大大增加。江苏海岸突发性的蚀退均是在风暴潮时发生的。如 1981 年 14 号台风使海州湾北部的沙岸后退 110m。一次大风暴潮可使 * 港局部岸段后退数十米, 造成海堤的溃决。

4 趋势分析

蚀积形势的变化主要取决于动力强度与泥沙供应丰度究竟哪个是主导因素, 就目前江苏海岸的研究成果看来, 可以得出如下认识:

4.1 江苏海岸是一个准封闭的泥沙系统

黄河北归、长江口南迁, 以及北支河流分沙比减少, 表明江苏海岸目前已无巨量泥沙的来源。灌、沂、沭河等较小河流不能成为影响江苏海岸的重大因素。江苏海岸之所以尚有相当长的海岸线处于淤积状态, 其泥沙主要来源于江苏自身受侵蚀的海岸与海底。尽管江苏海岸带泥沙运动仍相当活跃, 但可以认为目前江苏海岸带是一个准封闭的泥沙系统。

4.2 辐射沙洲外围侵蚀, 使外围沙洲向中心退缩

1930 年最北部与岸的对出位置 (在新洋港口与射阳港口之间) 上的北沙现已消失。1980 年最北部的亮月沙也仅北伸至与斗龙港以南对出的位置上, 南移了 30km。90 年代末, 又南缩了约 10km。因此, 受辐射沙洲屏蔽的岸段长度也缩小了。

4.3 隐型侵蚀向显性侵蚀过渡

潮下带和潮间下带滩面下蚀的岸段长度要比整个断面受蚀的长得多。这是岸线后退的先兆。江苏潮滩宽阔, 对于淤长型海岸, 由于得到较多的泥沙供应, 故整个断面均淤高。但对于刚开始由淤转蚀的岸段尽管得不到外界的泥沙供应, 但潮下带侵蚀下来的泥沙, 由于受潮滩细颗粒泥沙富集的机制控制, 向岸运动, 使得潮滩断面的上部仍可淤高, 平均高潮水边线甚至向海淤进。但就整个断面已失去泥沙而言, 应属侵蚀海岸。蒿枝港—连兴港、射阳港—斗龙港口的岸段就是如此。

4.4 侵蚀岸段长度将增加, 侵蚀强度也会增大

已有的研究成果表明, 近三四十年以来苏北的侵蚀岸段已不限于废黄河三角洲海岸, 扩大到两侧的滨海平原海岸。70 年代, 南侧蚀积界限在双洋河口附近, 80 年代移至大喇叭口。据 90 年代测量, 已南移到射阳河口以南的沙港闸附近 (北距大喇叭口 7.5km)。此界限在七八十年代大约以 1km/a 的速度南移。近年来这一速度与废黄河三角洲的侵蚀现象逐渐弱化相适应, 也在逐渐降低。

4.5 江苏海岸有夷平的趋势

1855 年黄河北归以来, 江苏海岸作为漫长的软质海岸缺少控制节点, 平直化是大趋势。如果没有大型人工工程设施干扰, 突出的废黄河三角洲将进一步被蚀退。凹入的 * 港湾将由于辐射沙洲的中心区条子泥沙洲的并陆、三余湾随腰沙的完全并陆而被淤填。虽然小庙洪南侧处于侵蚀过程, 但无妨平直化的大势。在估计江苏海岸冲淤动态及制定功能区划及开发规划时必须注意这种趋势。

总之, 由于泥沙来源少, 海洋动力加强, 受屏蔽岸段长度减少, 江苏海岸将以多种形式表现出侵蚀加剧的趋势。

5 讨论

上述江苏海岸侵蚀现象及原因是相当复杂的,有一些现象值得进行深入研究及讨论。

5.1 * 港岸段的侵蚀是一种内冲外淤的“伪”侵蚀现象

该岸段在某个时段的侵蚀现象尽管令人惊讶,但*港海岸的淤长速度达 200m/a 以上,在江苏省乃至全国均属淤积较快的岸段。即使就冲刷段而言,冲刷下来的泥沙被潮流向上游潮沟两侧滩面携带并淤积下来,泥沙并没有从本区被潮流带走。而在岸外,沙洲潮滩亦正处于迅速的淤长阶段,故可以说*港局部岸段的侵蚀现象是一种虚假的侵蚀现象。

5.2 侵蚀性淤泥质海岸剖面能否达到均衡

均衡剖面的发育是海岸研究的理论问题。在无泥沙供应或损失的前提下,对一个比较稳定的动力环境,就应该达到均衡,即在这剖面上的各点,均无泥沙得失。那么在如废黄河和吕四小庙洪海岸上那样的侵蚀强度大的滩面上是否会达到均衡呢?堤前滩面严重的下蚀正说明目前距离均衡尚远。尽管局部岸段采取了工程措施,但这种措施只会暂时稳定海岸线,并不能阻止底床的下蚀。难以想象,在一个底床不断下蚀的岸段,岸线能够长期稳定不后退。尽管废黄河口面临的是开敞的海域,而吕四海岸临近的是一条潮汐通道,但是两处的 10m 等深线均距岸只有 4~6km,且都在向岸移动。在这移动的过程中,岸坡将越来越陡,那么断面如何稳定下来呢?人工措施能促使断面早日稳定吗?这是应该深入研究的问题。

5.3 苏北海岸将面临一个重要的转变,即淮河将恢复历史时期中它的独流入海的状态

已经确定,新的淮河口将选在扁担港口到废黄河口之间。未来,淮河将带来它的径流与泥沙以及其他荷载。它对苏北海岸的影响不容低估。仅就径流泥沙而言,将减缓废黄河三角洲海岸侵蚀现象。但它和黄河夺淮事件造成的影响是不可比拟的。由淮河所携带的泥沙远少于黄河,且大部分沿途沉积,尤其是沉积在洪泽湖中。因此就淮河入海通道建成后,废黄河三角洲前缘海岸的侵蚀仍将继续,只是在河口附近可能有所缓和。

5.4 蚀退岸段与淤长岸段的过渡

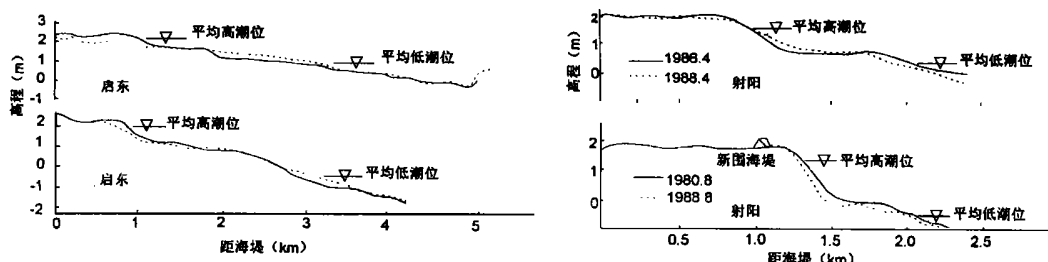


图7 蚀积过渡段潮滩剖面的变化

Fig. 7 Change of the tidal flat profiles of the transitional coasts

对于江苏沿海的平原型淤泥质海岸而言,在空间上岸线由侵蚀到淤积的过渡是渐进的,是从潮滩剖面的下部开始并逐渐向上扩大的。据近年观测,废黄河三角洲向南的蚀积过渡段长达 25km。这种过渡段的剖面动态特征是潮间带与潮下带下蚀,蚀下的部分泥沙向潮上带富集,以致于平均低潮水边线向岸,平均高潮水边线向海移动(图7)。该图表

明, 在射阳河—斗龙港之间的潮坪, 尽管滩面仍很宽广, 但已转变为过渡型剖面, 潮滩陡化, 待潮滩坡度增大到某一限度, 潮上带也开始蚀退, 这时断面完成了由淤长向侵蚀的转化, 全面进入蚀退阶段。蒿枝港至长江口北支河口之间也是上淤下冲型断面。显然这和该段海岸由长江获得的泥沙量减少有关。从东灶港至连兴港的侵蚀与崇明东滩的迅速淤长呈明显对比。这种过渡型海岸的滩面稳定性的横向分布与上海市纯淤涨型的南汇东滩的滩面稳定性分布有明显的区别^[15]。

5.5 全球海平面上升

江苏沿海海平面的相对升降在各岸段情况不同。连云港一带连同山东半岛的基岩海岸地壳相对上升, 故全球性海平面上升加剧对绣针河口—兴庄河口一带沙岸的侵蚀贡献不大。而江苏大部分淤泥质海岸尽管都处于地壳下沉区, 加剧侵蚀的贡献被掩盖在因海岸带调整过程所发生的剧烈的冲淤过程中, 两者难以分离开来。但有迹象表明, 响应全球性海平面上升, 江苏海岸风暴潮有加剧趋势。风暴潮过程是对江苏海岸造成突发性严重侵蚀的主要原因, 在强烈淤长岸段亦是如此。

参考文献:

- [1] 张忍顺. 苏北废黄河三角洲及滨海平原的成陆过程. 地理学报, 1984, 39(2): 173 ~ 184.
- [2] 张忍顺. 黄河北归后江苏海岸带的调整与演变. 南京大学学报(自然科学版), 1988, (9): 22 ~ 31.
- [3] 张一帆, 喻国华, 沈朝慈, 徐敏. 废黄河口海岸防护工程规划研究. 海洋工程, 1998, 16(4): 74 ~ 83.
- [4] 陈宏友. 近期苏北废黄河三角洲海岸动态及其防护. 河海大学学报, 海洋湖沼专辑, 1993, 83 ~ 90.
- [5] 虞志英, 等. 江苏北部废黄河三角洲的形成及其侵蚀改造. 海洋学报, 1986, 8(2): 197 ~ 206.
- [6] 虞志英, 樊社军, 金耀. 江苏北部废黄河水下三角洲稳定性和深水港建设. 地理学报, 1998(增刊), 53(6): 158 ~ 166.
- [7] 陈才俊. 灌河口至长江口海岸淤蚀趋势. 海洋科学, 1990, (3): 11 ~ 16.
- [8] 喻国华. 小丁港海洋演变及整治工程试验研究. 海岸工程, 1987, 6(1): 71 ~ 78.
- [9] 陈宏友. 苏北南通海涂近期冲淤动态及其开发. 海洋科学, 1990, (2): 28 ~ 34.
- [10] 喻国华, 施世宽. 江苏吕四岸滩侵蚀分析及整治措施. 海洋工程, 1985, 3(3): 26 ~ 36.
- [11] 张忍顺. 辐射沙洲与港口海岸发育的关系. 南京大学学报(自然科学版), 1984, (2): 369 ~ 380.
- [12] 张忍顺, 王雪喻. 潮流作用下的水道与岸滩演变—东台县死生港海岸冲刷问题. 海洋工程, 1986, 4(4): 85 ~ 94.
- [13] 张忍顺, 陈家记. 港口辐射沙洲内缘区海岸发育及近期演变. 海洋通报, 1988, 7(1): 42 ~ 48.
- [14] 张忍顺. 淤泥质潮滩均衡态. 科学通报, 1995, 40(4): 347 ~ 350.
- [15] 朱骏, 杨世伦, 谢文辉, 赵庆英. 潮间带短期冲淤过程的横向差异及其定量表达. 地理研究, 2001, 20(4): 423 ~ 430.

The mechanism and trend of coastal erosion of Jiangsu Province in China

ZHANG Ren-shun, LU Li-yun, WANG Yan-hong

(The Institute of Ocean & Coastal Wetland Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210007, China)

Abstract: The coast of Jiangsu is famous for its dynamic singularity of both serious eroded coast reach and rapid prograding one. The erosional coast of Jiangsu is 301.7km long or 31.6 % of

the province total shoreline. Of them muddy coast is 271.6 km and sandy coast, 30.1 km, which is the only segment of sandy coast in Jiangsu. This singularity is relevant to the following three features. The first one is the effect by great changes of the two big river mouths. The lower reaches of the Huanghe River began to enter the Yellow Sea by north of Jiangsu in 1128 after capturing the Huaihe River and was back to the Bohai Sea by Shandong Province in 1855. This evolution of the Huanghe River, which famous for carrying plenty of sediments, caused great hydrodynamic change, especially the sedimentation conditions of the Jiangsu coast. The second one is the long muddy coast. During the 700 years that the Huanghe River entered the Yellow Sea by Jiangsu, the coast was transformed from sandy coast to muddy, and 92 % of the shoreline of Jiangsu is muddy coast now. The third one is the diversity of the openness of the several coast reaches. With the substantial change of the large-scale submarine sand ridge fields on the inner continental shelf, the screening state of the coast reaches changes accordingly.

There are four segments of the erosional coast reaches in Jiangsu. The first one is the abandoned Huanghe River Delta coast. The delta shoreline and the subaquatic delta have been heavily eroded because of the losing of sediments supply. Meantime, the coast reach of the abandoned river mouth retreated rapidly and has not been controled until the 1970s when the seawall and the bank protection were built. But this promotes the vertical erosion on the intertidal flat. The average rate of vertical erosion from 1980 to 1992 is 13.5 cm/a. The isobath of 15 m is only 4.65 km away from the bank, and the isobath of 10 m moved 0.37 km every year toward the bank from 1937 to 1994. The second is Lusi coast, the southern part of the coast of Jiangsu. The erosion of this segment is mainly because of large-scale tidal channel movement toward the bank and development of winding. The shoreline retreated more than 1 km from 1916 to 1969. The super tidal flat in front of the seawall was wholly eroded, and the rate of vertical erosion on the intertidal flat is 3.6 cm/a. The third segment is the Jianggang coast. Some tidal creeks on the tidal flat moving toward the bank caused heavy erosion, and some erosional mud cliffs are as high as 5 m. The cliffs can retreat 20-30 m within one spring tide cycle. The fourth is the sandy coast in the northern part of Jiangsu coast. Some dams were built on some rivers flowing into the sea and break off the sediment source supplying the coast. Meanwhile, digging of coastal sands helped the erosion.

Key words : coastal erosion ; tidal channel ; anthropogenic activity ; Jiangsu coast