

长江口冲积岛岸滩剖面形态和冲淤规律*

杨世伦 姚炎明 贺松林

(华东师范大学河口海岸动力沉积和动力地貌国家重点实验室 上海 200062)

提要 根据海岸带和海岛两次调查的实测资料和水下地形图,用动力地貌学方法对长江口三岛岸滩剖面的形态和冲淤变化进行研究。结果表明,分叉河口冲积岛岸滩有“江岸型”、“洲头型”和“潮滩(tidal beach)型”三种基本类型;河槽变迁导致“江岸型”岸滩发生数年周期的变化,岸滩的季节性变化受风、海面、潮差和含沙量等多种因子影响,台风和寒潮则引起周期更短的“风暴旋回”,受植被保护的沼泽滩面的冲淤过程与光滩截然不同。

关键词 冲积岛 岸滩剖面 冲淤变化 长江口

学科分类号 P737.13

岸滩形态不仅与沉积物粒度和水动力有关,也与冲淤过程和岸外地形有关。岸滩研究有助于掌握岸线的变化趋势,从而为海岸管理提供依据(Carter, 1988)。迄今为止,尚无人系统论述长江口冲积岛岸滩的剖面特征及其变化过程。位于分叉河口的这些岛屿,其岸滩形态和动力条件都不同于一般的淤泥质海岸。因此,本研究在学术上有助于丰富分叉河口特别是长江口的冲淤理论,在应用上可为岛屿的海岸防护和港口、码头等工程提供参考。

1 研究区自然条件概述

长江平均每年有9280亿 m^3 径流和4.68亿t泥沙入海。由于科氏力效应,在河口流路分歧的缓流区先后形成了崇明、长沙和横沙三岛。区域内以SE-SSE向风占优势,其出现频率为均值的1.6倍。平均潮差在北支为2.59—3.08m,南支为1.96—2.47m,长兴和横沙分别为2.45m和2.62m。最大潮差在北支、南支、长兴和横沙分别达到5.95m、4.67m、4.49m和4.64m(上海市海岛资源综合调查报告编写组,1996)。上述三岛潮滩面积分别为293 km^2 、44 km^2 和16 km^2 。根据三岛潮滩94个代表性表层沉积物样品的分析,中值粒径 Φ_{50} 的平均值为5.21,与长江大通站悬沙特点($d_{50} = 0.027mm$)吻合。三岛周围河道64个表层样品的 Φ_{50} 平均值为3.93,明显较潮滩物质粗。从河道向潮上带,物质逐渐变细;潮滩上部 Φ_{50} 平均为6.5。在淤涨和稳定的岸段,一般在理论最低潮面以上2.5m(间于平均海面和平均小潮高潮位之间)附近出现莎草科先锋植物,在3.0m以上生长芦苇。在侵蚀岸段,陡坎以上是沼泽,其下为光滩。

* 教育部重点科学技术基金资助项目,(98041号)和国家杰出青年科学基金(49825161号)部分成果。杨世伦,男,出生于1954年7月,博士、教授,E-mail:yang-xy@online.sh.cn

收稿日期:1998-06-15,收修改稿日期:1999-07-10

2 研究方法和资料来源

沉积物参数来自上海市海岛调查实地采样。样品分析采用沉析法和筛析法相结合。断面位置的选取兼顾了岸滩的各种朝向和断面间隔距离(图1)。岸滩剖面的绘制:潮滩上根据笔者等的实地水准测量,水下岸坡采用上海市水利局测绘的1:10 000地形图。气候、水文和岸线的历史资料来源于“上海市海岸带和海涂资源综合调查”和“上海市海岛资源综合调查”。

3 结果与讨论

3.1 岸滩剖面类型

根据其形状及其与水下地形的关系,三岛岸滩剖面可分为“江岸型”(剖面B、C、G、H、J、D、M、O和九段沙的南、北两岸)、“洲头型”(长兴岛沙头和九段沙沙头)和“潮滩型”(崇明东滩和九段沙东滩)。“江岸型”剖面与河道走向垂直,剖面宽度小,小潮高潮位以下是陡坡,高潮线距河道深槽

一般只有数百米至一公里。此类剖面的冲淤演变受河槽行为控制,故其首要的动力因子是流而不是浪。虽然陡岸的平均坡度达到20‰—30‰,与沙质海滩坡度相似,但潮间带物质以粉沙为主,平均粒径 $M_z(\Phi)$ 达到5.0—7.0。这一特征与Bascom(1951)和Wiegel(1964)从沙质海滩得出的粒径同坡度之间的经验正相关是不相符合的。究其原因可能是:沙质海滩剖面的塑造受波浪控制。“洲头型”剖面发育于沙岛上游端的河道分流口,剖面方向与河道走向基本一致。受汉道口分流分沙变化的影响,沙洲头常发生左右摆动。落潮流的顶冲作用使沙洲头具后退之势。如长兴岛洲头的中央沙在长兴岛人工连岛之前平均每年后退806m(1958—1976年),九段沙沙头在1958—1986年间平均每年后退80m。此类剖面的宽度较“江岸型”大,坡折较之为小,水下岸坡凹型转折不及“江岸型”明显。平均坡度为2‰—3‰。剖面中下部(包括草滩前缘、光滩和 underwater 岸坡)沉积物平均粒径为3.0—4.0 Φ ,明显较“江岸型”相应部位粗(剖面上部的沼泽中因植物造成的弱能环境,沉积物粒径与“江岸型”相差不大)。“潮滩型”剖面(以崇明东滩和九段沙东滩最典型)代表面向开阔海域的洲尾岸段,波流总能量居三类剖面之首,潮流方向与剖面走向相近,总体上沉积物也最粗(光滩平均粒径为3.0—3.5 Φ)。但此类剖面宽度最大,坡度最小(崇明东滩和九段沙东滩—5m以上平均坡度分别为0.24‰和0.37‰,约为“江岸型”剖面的1/60至1/100),水下岸坡无明显坡折。剖面E和P属“江岸型”和“潮滩型”的过渡类型。剖面E潮间带宽度为2—3km,河槽离岸甚远,流向与剖面方向近于垂直,沉积物居中;剖面P高潮线外数百米发育一条连通北港和北槽的深1—2m的串沟(但向海侧的—5m至高潮线间平均坡度只有0.39‰),潮间带为细沙海滩($M_z = 2.87\Phi$,是长江三角洲潮间带所发现的最粗的样品)。

根据岸滩的动态,三岛岸滩剖面又可分为“蚀退型”(剖面G、J、H、M、O)、“淤进型”(剖

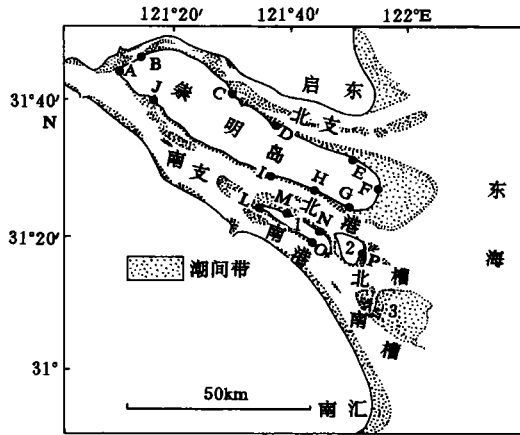


图1 长江口形势图及研究剖面位置

Fig.1 Map of the Changjiang River estuary showing the locations of study profiles

A—P为剖面。1. 长兴岛; 2. 横沙岛; 3. 九段沙

面 F、L、E、和 N)和“稳定型”或“准稳定型”(剖面 C、D、B 和 P)。“蚀退型”剖面正在遭受侵蚀,在光滩和残留沼泽之间发育一条数十厘米至 1 米多的陡坎,陡坎上植根裸露。侵蚀作用使此类剖面具有垂直坡折,剖面缩窄。观测发现:剖面 G 在 1990 年 10 月—1991 年 10 月的一年中,陡坎后退 56m,陡坎以上的沼泽表面刷低 0.51m。“淤进型”剖面代表正在淤涨的过程,滩宽坡缓。剖面 F 在 1984 年 10 月—1990 年 10 月期间向海推进 2km,平均每年淤进 330m。“稳定型”是一种相对概念,代表冲淤之间的暂时平衡。其特点是宽度较小,但无侵蚀陡坎。这类剖面之所以“稳定”,通常得益于在原来的侵蚀岸段修筑了护滩工程。

3.2 冲淤旋回

3.2.1 数年周期旋回

这类旋回主要发生在深槽贴岸的“江岸型”岸滩,冲淤的动因是河槽变迁。长江口河槽的变迁有三种基本形式:(1)河槽的向、离岸摆动;(2)河槽横断面的扩大或缩小;(3)河槽横断面的形状变化。当河槽向岸移动或横断面扩大时,岸滩侵蚀后退;反之淤进。河槽的向、离岸摆动可由河曲向下游传播引起。河槽横断面的扩大或缩小可由流域气候变化(从而引起径流变化)或沙岛上游分汉口的分水分沙变化以及沙嘴的向下游迁移造成。据 1963—1985 年的地形图分析:崇明南岸河段发育一条 10—20km 长(不同年代其长度有所变化)的沙嘴。1963—1973 年间沙嘴向下游迁移 2.2km;而 1973—1985 年间沙嘴向下游移动 17km,导致岸滩发生 6—7 年的冲淤旋回。河道横断面形状的变化较之前两种变化复杂。据对多条断面变化的分析:大多数变化都是以上三种形式的综合结果。图 2 是这类冲淤变化的一个典型例子,它显示岸滩的冲淤与河槽横断面的调整密切相关。需指出:并非所有岸滩剖面都具这类冲淤旋回,如崇明东滩(剖面 F)一直处于向海的推进过程,近几十年岸线推进速率达每年 200—300m。

3.2.2 季节性旋回

岸滩的季节性冲淤旋回在长江三角洲普遍存在(杨世伦, 1997)。在不同朝向的岸段,旋回的模式不同。例如,崇明东滩(剖面 F)一年中的最大和最小高程分别出现在春季和秋季,与相同朝向的南汇东滩规律一致;而崇明北岸(剖面 E)一年中最大和最小高程分别出现在春季和夏季。据 1983—1984 年测量结果,剖面 E、F 和 H 平均高程的年变幅分别为 22cm、47cm 和 14cm。长江口岸滩的季节性冲淤旋回的

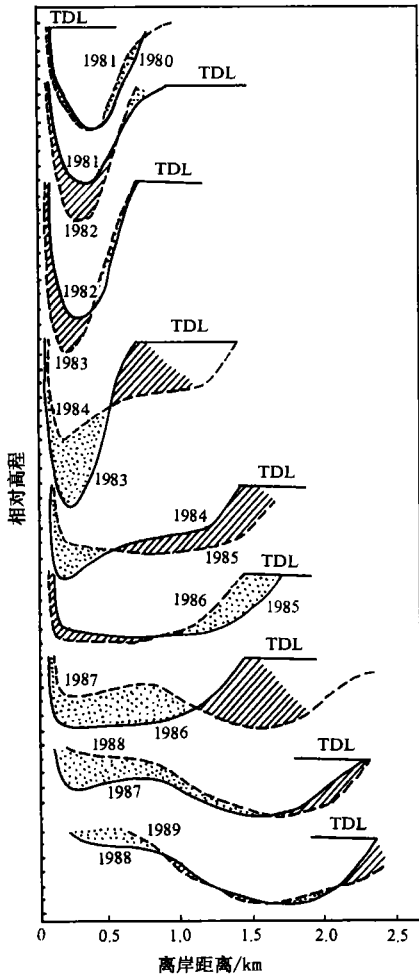


图2 崇明岛北岸剖面C的冲淤变化(揭示 1—3 年的冲淤旋回和岸滩冲淤与河槽横断面调整的密切关系)

Fig.2 Erosion-Accretion changes of Profile C in the northern coast of Chongming Island
纵坐标一个刻度为1m。图内TDL为0m

F 和 H 平均高程的年变幅分别为 22cm、47cm 和 14cm。长江口岸滩的季节性冲淤旋回的

控制因子不能象 Shepard(1973)和 King(1953)对海滩那样简单地归因于风向的季节性变化。因为除风向外,长江口呈明显季节性变化的因子还有海平面(8月和1月平均海面相差49—56cm)、潮差(9月和1月平均潮差相差24—45cm)、河流径流量和输沙量(平均入海径流量7月是1月的4.8倍,平均入海输沙量7月是2月的36.5倍)。分别假定 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 、 r_5 和 r_6 分别代表月均滩高同月均海面、月均潮差、月均向岸风频率、月均离岸风频率、月均河流径流量和月均河流输沙量之间的相关系数,则它们分别为:

$$\text{剖面 E } r(E)_1 = -0.77 \quad r(E)_2 = -0.56 \quad r(E)_3 = 0.83 \quad r(E)_4 = -0.83 \quad r(E)_5 = -0.94 \\ r(E)_6 = -0.79$$

$$\text{剖面 F } r(F)_1 = -0.53 \quad r(F)_2 = -0.74 \quad r(F)_3 = 0.02 \quad r(F)_4 = -0.03 \quad r(F)_5 = -0.11 \\ r(F)_6 = -0.36$$

$$\text{剖面 H } r(H)_1 = 0.07 \quad r(H)_2 = 0.28 \quad r(H)_3 = -0.57 \quad r(H)_4 = 0.58 \quad r(H)_5 = -0.25 \\ r(H)_6 = -0.05$$

剖面 H 中 $r(H)_3$ 和 $r(H)_4$ 的绝对值远较其它为大,说明风向对滩面冲淤起控制作用。具体而言,向、离岸风分别与滩高呈负相关和正相关,即向岸风致蚀、离岸风致淤。这与 Shepard(1973)和 King(1953)的理论相符。相符的原因可能与剖面 H 所具有的沙滩特性(-10m水深以上坡度为2%,潮间带侵蚀陡坎以下的沉积物 $\Phi_{50} < 4.0$)有关。但在剖面 E,冬季盛行的向岸风在潮滩引起的是淤积而不是冲刷,因而与 Shepard(1973)和 King(1953)在沙滩得出的理论不符。剖面 E 在沉积物和坡度特征上都属于淤泥质海岸,且岸外发育沙洲。冬季盛行的向岸风引起岸外沙洲的冲刷,含沙量明显增加(冬季三个月的平均含沙量是夏季的4倍),涨潮水体向潮滩输送大量泥沙以利其淤涨。在剖面 E 和 F, r_1 分别为 -0.77 和 -0.53, r_2 分别为 -0.56 和 -0.74,表明滩面的变化与海平面和潮差呈负相关。这可理解为:(1)海面上升使破波带向岸移动,从而导致潮间带冲刷。(2)潮差的增大加强了潮流,易引起滩面冲刷。 $r(E)_6 = -0.79$ 和 $r(F)_6 = -0.36$ 是一个假象,不能解释为河流供沙增多导致河口滩地的冲刷。实际上,控制泥沙沉降和再悬浮的因素是含沙量与水流挟沙力的对比,而不是实际供沙量。当含沙量低于挟沙力时,将发生冲刷;反之,将发生淤积。长江输沙量与口门含沙量的季节性变化规律相反,前者为夏高冬低;后者为冬高夏低。造成后者的原因与海洋动力条件的变化有关(杨世伦,1997)。总之,尽管季节性的岸滩冲淤旋回在长江口普遍存在,但其规律和产生原因是不同的。

3.2.2.1 风暴旋回 根据近30年三岛的气象记录:研究区风力大于6级的热带风暴频率为2次/a,平均一次风暴持续时间为2.9d,风力有时超过11级(9711号台风期间最大风速达30m/s);风力6级以上的寒潮频率为3.3次/a,平均一次持续1—2d,最大风速记录为26m/s。约一半的风暴引起50—150cm的增水。风暴将巨大能量传递给波浪,从而增加了水流的挟沙力。伴随着水位的上升,风暴在潮滩引起大范围侵蚀,如1983年9月的一次台风,岛上测得的最大风速和增水分别为19m/s和126cm。结果,剖面 D、E、H 和 F 平均冲刷27、37、40 和 50cm 以上。9711号台风后测得九段沙沼泽前缘光滩蚀低45cm。长江口滩地的风暴旋回与南加利福尼亚沙滩(Shepard,1973)有显著不同:(1)风暴在后者引起的冲刷通常发生在整个潮间带(包括滩肩和前滨),但对前者的冲刷仅发生在潮间带中下部(光滩及沼泽前缘);(2)前者在风暴期受冲刷的部位在其后的每个潮周期中都会被淹没,因而淤

积的机会多,恢复期一般只需数天至数周,但后者的滩肩一旦被冲刷,只有大潮期间才有机会被上冲流带来的物质充填,因此风暴后的恢复期通常需要几个月(有时几年都难以恢复)。

3.2.2.2 沼泽与光滩的区别 长江口岸滩的冲淤旋回主要发生于光滩而不是沼泽。认识到这一点是十分重要的。由于植物的消浪缓流作用,风暴期间沼泽床面很少被冲刷。相反,风暴期光滩的强烈冲刷使进入沼泽的水体含沙量数倍于平静天气,从而有利于沼泽的淤积。如1987年7月底的一次台风使南汇东海农场外光滩平均被刷低12cm,但沼泽中却平均淤高0.8cm;沼泽下部出现一些面积为数十平方米的条块状淤积体,厚达5—8cm(致使植物完全被掩埋)。同年8月下旬至9月上旬的两周时间内,向岸大风使光滩平均被刷低7.9cm,而沼泽中平均淤高了1.4cm。就季节性冲淤旋回而言,崇明东滩1983年11月—1984年10月的潮下带、低潮滩和中潮滩三条冲淤过程线具有同步的、强烈的冲淤对比;但沼泽中的滩高过程线明显不同(只有持续的淤涨而无冲刷旋回事件)。

4 结语

长江口冲积岛四周岸滩剖面的形状和沉积物粒度差异显著。造成这种差异的原因是河槽的分布和波、潮动力条件的不同。岸滩存在长(数年)、中(季节)、短(风暴)期的冲淤旋回。长期旋回受水下地形控制,中期旋回受风、海面 and 潮差等控制,短期旋回受风暴控制。沼泽和光滩的冲淤演变规律截然不同。

参 考 文 献

- 上海市海岛资源综合调查报告编写组,1996. 上海市海岛资源综合调查报告. 上海:上海科学技术出版社,249
- 杨世伦,1997. 长江三角洲潮滩季节性冲淤循环的多因子分析. 地理学报,52(2):123—130
- Bascom W N, 1951. The relationship between sand-size and beach-face slope. *Transcription of American Geophysics Union*, 32:866—874
- Carter R W G, 1988. *Coastal Environments*. San Diego: Academic Press Inc, 559
- King C A M, 1953. The relationship between wave incidence, wind direction and beach changes at Marsden Bay, Co. Durham. *Transcription of Institute of British Geolog*, 19:13—23
- Shepard F P, 1973. *Submarine Geology* (3rd Edition). New York: Harper & Row, 1—125
- Wiegel R H, 1964. *Oceanographical Engineering*. Englewood cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 532

COASTAL PROFILE SHAPE AND EROSION-ACCRETION CHANGES OF THE SEDIMENT ISLANDS IN THE CHANGJIANG RIVER ESTUARY

YANG Shi-lun, YAO Yan-ming, HE Song-lin

(*State Key Lab of Estuarine & Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, 200062*)

Abstract Based on observed and collected data of morphology, sediment, hydrodynamics, and wind, this paper mainly deals with the shape, classification and erosion-accretion cycles of coastal profiles of the sediment islands in the Changjiang River estuary. Under silt-dominated and current-dominated conditions, the coastal morphology and morphodynamics in this area are different from those on sandy beaches. Coastal profiles of the islands are classified as three types: "channel bank", "tidal beach" and "shoal head". Three basic erosion-accretion cycles are proposed and discussed: (a) "interannual cycle", controlled by changes in river channel; (b) "seasonal cycle", influenced by seasonal variations in wind, sea-level and tidal range; and (c) "storm cycle" caused by typhoons or cold waves. Because of the protection of vegetation, morphodynamics in marshes is apparently distinct compared with that on bare flats.

Key words Sediment island Coastal profile Erosion-accretion cycle Changjiang River estuary

Subject classification number P737.13