

风浪在开敞潮滩短期演变中的作用*

——以南汇东滩为例

杨世伦

(华东师范大学河口海岸研究所, 上海 200062)

收稿日期 1989年12月14日

关键词 风, 波浪, 开敞潮滩, 海岸演变

提要 本文以引水船站风和波浪的相关性为理论依据, 以南汇东滩滩面实测资料为基础, 说明风浪是控制开敞潮滩短期演变的主要动力因子。

岸线的长周期演变主要取决于海平面的相对变化, 如第四纪的几次海面升降曾引起广泛的海侵和海退。岸滩的中期变化主要取决于供沙条件的变更。如1855年黄河改道导致了废黄河三角洲的强烈侵蚀和后退。潮滩的短期变化主要受制于水动力条件, 潮滩水动力实际上是潮能和波能之和。传统的观点认为: 潮流是塑造潮滩的主要动力。Postma^[2,3]和Van Straaten^[4]的沉降滞后和侵蚀滞后理论模式就是基于这样的思想。随着研究的深入, 逐步认识到波浪在潮滩演变过程中的作用不可忽视; 但仍限于用波浪的季节性变化和暴风浪周期变化来解释滩面的冲淤循环。大量的观察表明, 潮滩上无植被地带处于频繁的冲淤变化, 且往往同潮周期不相吻合。这些变化常常是由风力风向的突然改变所造成。要深入进行潮滩现代动力地貌过程的研究, 就必须重视波浪在潮滩短期(年内)演变中的作用。

I. 研究地点概述

南汇东滩是长江口南边滩的一部分, 岸线年均向海推进约40m。平均潮差3.0m左右¹⁾, 潮流为顺时针方向不完全旋转流; 研究断面(图1)平均大潮低潮位以上滩面宽2.5km左右, 平均坡度约1.4‰。高程约2.4m以上是连片的海三棱蔗草(*Scirpus mariquete*)沼泽, 下部是

芦苇(*Phragmites australis*)沼泽(上部), 沼泽总宽度约500~600m。沉积物类型通常为粉沙; 台风过后的低潮滩出现沙质粉沙; 在芦苇沼泽带中为粘土质粉沙。

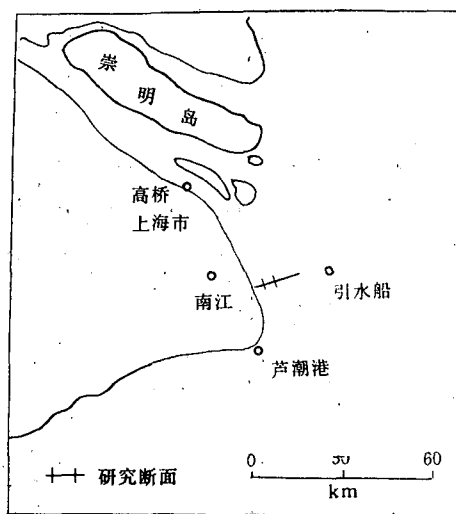


图1 研究地点示意

Fig. 1 Sketch of research site

II. 风与浪的相关性

根据引水船站风和波浪的同期资料, 进行一元线性回归分析, 得出以下结果:

* 本文得到陈吉余教授的指导, 特致谢忱!

1) 根据邻近的芦潮港站平均潮差3.0m推算得出。

表 1 引水船站多年平均风向频率和浪向频率的对比

Tab. 1 Mean seasonal direction-frequency of wind and wave at the Yinshuichuan

月份	方位 频率 (%) 风、浪向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
		1	风	16.8	9.8	6.9	2.7	1.5	2.0	1.7	3.9	4.5	2.9	1.9	2.7	2.1	9.9
	浪	16	10	7	3	3	2	2	2	1	2	2	1	2	5	20	14
4	风	4.4	9.1	6.8	7.3	6.2	8.0	12.5	16.2	6.9	3.2	2.3	1.5	1.8	3.2	4.4	5.9
	浪	8	6	8	6	6	7	13	13	6	3	2	1	1	2	5	4
7	风	1.9	4.6	2.9	5.4	4.2	7.4	14.9	32.1	12.3	5.9	2.3	0.9	1.0	1.2	2.0	0.8
	浪	2	3	3	3	5	6	15	22	21	7	4	1	1	1	1	1
10	风	10.5	18.3	12.6	8.8	7.3	7.3	5.7	6.3	3.0	2.3	0.9	0.8	1.1	2.5	5.9	6.4
	浪	11	15	18	7	11	5	5	2	1	1	1	0	1	2	6	6

表 2 引水船站多年平均风速 (m/s) 和平均波高 (m) 对比

Tab. 2 Mean seasonal velocity of wind and height of wave at the Yinshuichuan station

月份	方位 测值 风速 和波高	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
		1	平均风速	7.3	7.3	5.5	4.4	3.3	2.6	3.6	4.0	3.6	2.7	3.9	3.0	3.8	6.8
	平均波高	1.2	0.9	0.9	0.7	0.8	0.5	0.5	0.8	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.8	1.4	1.4
4	平均风速	7.0	7.2	5.4	5.7	5.0	5.3	6.4	6.6	6.2	5.6	4.0	3.9	5.4	7.0	7.6	8.5
	平均波高	1.3	1.0	1.1	0.9	0.8	0.9	1.1	1.1	0.8	0.3	0.3	0.4	0.2	0.9	1.1	1.3
7	平均风速	3.1	5.9	4.4	4.9	5.7	5.3	6.5	7.6	5.4	5.5	4.3	4.0	4.6	4.9	4.5	3.4
	平均波高	0.8	0.7	0.6	0.9	1.0	0.9	1.0	1.2	1.0	0.8	0.5	0.3	0.7	0.6	0.5	0.7
10	平均风速	8.6	7.1	6.8	5.3	5.0	3.9	4.6	5.6	4.5	4.0	3.7	3.5	5.2	6.2	9.4	8.1
	平均波高	1.3	1.3	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.2	0.4	1.1	1.2	1.3

II. 1. 风向与浪向

表 1 是引水船站 1 月、4 月、7 月、10 月的风向频率和浪向频率多年平均值，所反映的一元线性回归方程为：

$$F_2 = 0.84F_1 + 0.58, r = 0.88$$

式中 F_1 和 F_2 分别为风向和浪向频率， r 为相关系数。0.88 的相关系数反映出开敞海岸浪向对于风向的依赖性。

II. 2. 平均风速与平均波高

根据表 2 的数据进行一元线性回归，得出

$$\bar{H} = 0.165\bar{V} - 0.113, r = 0.80$$

式中 \bar{H} , \bar{V} 分别为平均波高和平均风速， r 为相关系数。这里的相关系数 $r = 0.80$ 并不算高。这可能包括两方面因素：一是受到区域外传入的涌浪的影响（如高桥站涌浪频率比引水船站低，算得平均波高和平均风速之间的相关

系数为 0.89)。二是在理想状况下波高与风速本不是直线关系，而是近似直线。根据 Bretschneider 公式，

$$\frac{gH}{u^2} = 0.283 \text{th} \left[0.0125 \left(\frac{gx}{u^2} \right)^{0.42} \right]^{[4]}$$

式中 H 和 u 分别为波高和 10m 高风速。尽管如此，反映出开敞海岸波高对于风速的正相关的依赖性。

II. 3. 最大风速与最大波高

根据引水船站在 6126, 7209, 7413, 7613 和 8006 各次台风中记录的最大风速与最大波高的统计, 得出

$$H_{\max} = 0.18V_{\max} - 0.40, r = 0.76$$

式中, H_{\max} 、 V_{\max} 和 r 分别为最大波高、最大风速和相关系数。

III. 风况变化与潮滩的短期冲淤演变

III. 1. 大小潮周期变化

根据 1987 年 6 月 15 日~9 月 21 日连续 7 个大小潮周期的滩面高程观察记录 (图 2), 从大潮到小潮, 有 5 次(两观察点之和, 下同)淤高, 8 次蚀低, 1 次无冲淤变化; 从小潮到大潮, 有 6 次淤高, 6 次蚀低, 2 次无冲淤变化。图 3 记录了实测点底部流速的变化, 它说明大潮期间的流速可比小潮高出几倍。假如不存在波浪的作用, 流速的变化必然导致滩面的冲淤变化。

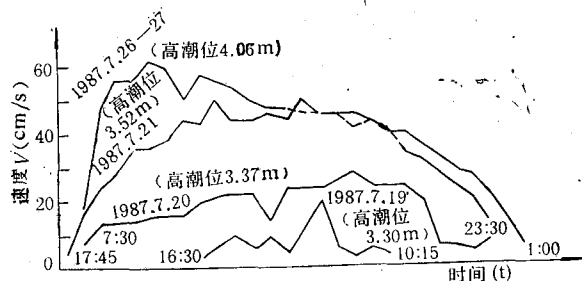


图 3 南汇东滩中潮滩潮流速度从小潮到大潮的变化 (统一取高高潮资料, 仪器离滩面 20cm)

Fig. 3 Variation of tidal current velocity on middle tidal flat of east coast of Nanhui from neap tide to spring tide

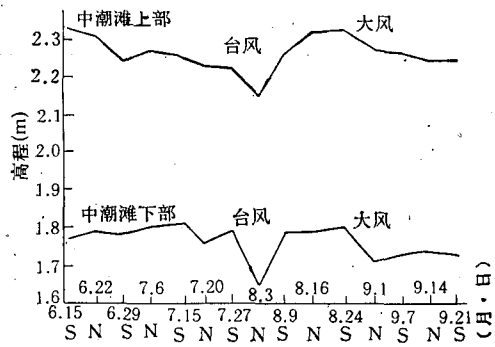


图 2 南汇东滩中潮滩大、小潮冲淤变化(1987) S 为大潮; N 为小潮

Fig. 2 Variations of middle tidal flat of the east coast of Nanhui during spring and neap tides

实际上, 波浪是无处不在, 无时不有, 而且常随着风况的变化而变化。当波浪的作用超过了潮流的作用时, 滩面的变化就不呈现潮周期规律, 而受波浪的作用所制约。

III. 2. 风况变化引起的滩面冲淤

为说明风况变化对滩面冲淤的影响, 选择两个潮况十分相近的大小潮周期进行对比, 如表 3 所示。在前一个大小潮周期中, 滩面处于淤积状态。但在以后的半个月中, 向岸风频率增加。特别是风速 $> 8\text{m/s}$ 的向岸风频率由 0 增至 6.4%。结果, 断面上所测的 6 个光滩点都出现强烈的侵蚀, 平均 7.2cm (图 4)。只有在沼泽中 (5 个测点) 滩面各点都保持原有的淤积速

表 3 潮况相同风况变化对滩面冲淤变化的影响

Tab. 3 Effects of wind on tidal flat of the east coast of Nanhui

时段 (年·月·日)	项目 参数	冲淤值 (cm)		风 况				潮 况 (m)		
		沼泽	光滩	风速 > 0		风速 > 8m/s		平均潮差	最高潮位	最低潮位
				向岸风 (%)	顺岸风和离岸风 (%)	向岸风 (%)	顺岸风和离岸风 (%)			
1987.8.9—8.24		+1.4	+2.7	28.6	72.4	0	19.3	3.31	4.74	-0.41
8.24—9.7		+1.4	-7.9	32.2	67.8	6.4	15.6	3.39	4.55	-0.46

注：“+”代表淤积，“-”代表冲刷。沼泽为 5 个点平均，光滩为 6 个点平均。岸线走向 170°，N~SE 为向岸风，NNW~SSE 为顺岸风和离岸风。潮况参考了相邻芦潮港站的数据。

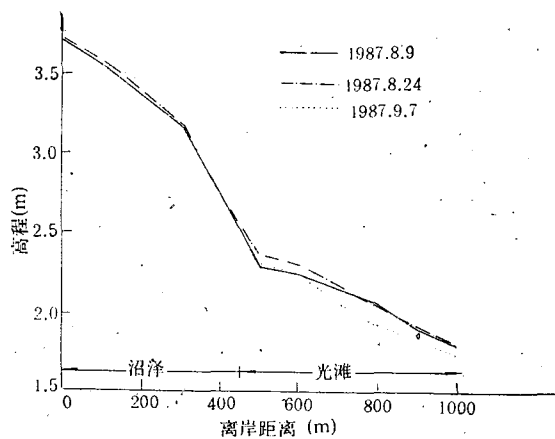


图 4 潮况相同风况变化对滩面冲淤的影响(风况见表 3)

Fig. 4 Effects of wind on tidal flat of the east coast of Nanhui (reference to table 3)

表 4 引水船站多年平均各月最大频率风向推算

Tab. 4 Monthly dominant wind at Yinshuichuan station

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最大频率风向	NNW	NNE	NEE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	NE	NE	NNW	NNW

注：根据上海市海岸带调查资料，并参考了焦敦基的南汇各月最大频率风向。

率。这说明，潮滩(光滩)对于风况变化(从而引起波浪条件变化)的反应是相当敏感的。

III. 3. 季节性变化

风况季节性变化在岸滩的季节性冲淤上有反映，对沙质海滩前人已做过大量的工作，而对潮滩则工作较少。恽才兴曾对长江口南边的这一现象做过论述，春夏两季为淤积风向，因而是

潮滩的主要淤积期；秋季为冲刷风向，是滩面的主要冲刷期；冬季为离岸风，故滩面呈微冲微淤特点^[4]。根据南汇县水利局提供的 1984 年至 1986 年的滩面测量资料和作者于 1987 年~1988 年的实地测量，发现南汇东滩的季节性变化十分复杂，规律不明显。研究断面岸线走向约为 170°，近于 NNW~SSE 向。由表 4 所列

各月最大频率风向可知。南汇东滩以顺岸风为主,向岸风次之,无明显的离岸风。岸滩的总趋势是淤涨,冲刷期之后往往出现淤积期;4~8月和11~12月的两时段以淤积为主。在9~10月和2~3月这两时段向岸风频率最大(特别是9~10月),滩面具冲刷机制,但岸滩的总体淤涨趋势对这种冲刷机制起着掩盖作用,因而滩面通常只是表现为时冲时淤、此冲彼淤的现象。

类似的风况,在杭州湾北岸引起的变化则截然不同。因杭州湾北岸的岸线走向与南汇东滩近于直交,一年中向岸风和离岸风为主,顺岸风次之。图5是陈宏达¹⁾观察的漕泾滩面季节性相对冲淤变化(扣除了微弱的净淤涨量)。主要表现为夏季(向岸风)冲刷和冬季(离岸风)淤积两种过程。

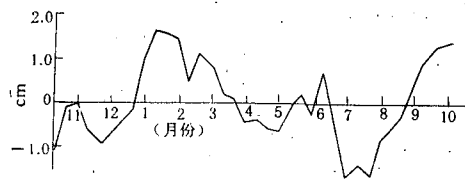


图5 杭州湾北岸漕泾滩季节性冲淤变化
(断面平均,1985~1986年)

Fig. 5 Seasonal variation of tidal flat of Caojing in north coast of Hangzhou Bay

IV. 风浪条件与潮滩地貌形态

在港湾淤泥质潮滩(如浙江)中,有一特征地貌沟垄,呈垄、沟相间,平行排列,走向与潮流方向一致,相对高度一般30~40cm,宽度一般0.5~2m;在走向上可延伸很长,极少出现分汉合并现象。这是在潮流作用占优势的条件下形

成的。

在开敞潮滩(如江苏、上海)出现的则是不规则的侵蚀坑洼和相对隆起的侵蚀残留地貌,特别是在经过了一场大风之后。暴风浪在引起潮滩强烈侵蚀的同时,也往往引起强烈的堆积。在快速堆积过程中,常出现沙波或巨型波痕。物质都是分选好的粗粉砂或细沙。

沙波波纹是在各种类型潮滩上普遍出现的一种微地貌形态,虽然有波成和流成之说,但总的说来,它们所需要的动力条件较弱。不过,开敞潮滩上的波纹更复杂,更易于发生变化。

V. 讨论

V.1. 开敞潮滩的波向频率与风向频率、波高与风速均呈一元线性正相关。

V.2. 波浪是决定潮滩(无植被带)泥沙移动或沉降的主要动力因子,而潮流只起搬运泥沙的作用。

V.3. 由于风速风向在短期内的变化随机性很大,因而潮滩(无植被带)的时冲时淤、此冲彼淤的现象十分明显,这些变化与潮周期通常不相吻合。

参考文献

- [1] 辉才兴, 1983. 长江河口潮滩冲淤和滩槽泥沙交换. 泥沙研究 4: 43~52.
- [2] Postma, H., 1954. Hydrography of the dutch wadden sea, *Arch. Néerl. Zool.* 10: 405-511.
- [3] Postma, H., 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment, *Estuary* (Ed. by H. Lauff). AAS. pp. 158-179.
- [4] Straaten, K. N. J. U. Van and Ph. H., Kuenen, 1958. Tidal action as a cause for clay accumulation, *J. Sed. Petrol.* 28: 406-413.

1) 陈宏达, 1987. 杭州湾北岸(漕泾岸段)潮滩沉积过程, 华东师大河口海岸研究所硕士论文。

IMPACT OF WIND DRIVEN WAVE ON SHORT-PERIOD EROSION AND DEPOSITION OF TIDAL FLAT

Yang Shilun

(Institute of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 20000)

Received: Dec. 14, 1989

Key Words: Wind, Wave, Tidal flats, Coastal evolution

Abstract

The paper deals with the influence of wind on tidal flat. The regressive analysis of data of wind and wave at Changjiang estuarine shows positively linear correlations between the direction of wind and wave and between the wind velocity and the wave height. It was found, in the continuous observations on the middle-tidal flat of East Coast of Nanhui, that wind is the key factor in the processes of erosion and deposition, tidal currents play only the minor role.