

# 杭州湾潮滩沉积特性初步分析

逢自安

(杭州大学)

杭州湾为典型的强潮河口湾, 拥有滩涂100余万亩。本文就1981—1982年采集的150余个潮滩沉积物样品, 用TA II型库尔特计数器作沉积物的多项分析<sup>1)</sup>; 通过分析, 对杭州湾潮滩沉积结构特征、分布规律及其与沉积动力环境间的关系有了初步了解。

## 一、颗粒级配特征

### 1. 终端粒级百分含量

沉积物的粒度分布对于水深、床底切变、湍流及低流速极其微小的变化都是很敏感的, 在研究粒度分布时, 更重要的是分析发生在沉积作用两端的粒度变化。终端粒级以中值粒径(Md)粗端和细端, 以及级配尾段极值粒级表示。据统计粗端中径平均为0.0387毫米, 落在杭州湾北岸。细端粒级为0.00898毫米, 沉积在岛屿潮滩区。级配尾部百分含量与上述特征相符, 大于0.063毫米粗端粒级的分布, 北岸潮滩为13%; 小于0.004毫米细端粒级的分布, 岛屿潮滩为35%; 南岸潮滩介于两者之间。

北岸自高潮滩至低潮滩, 粒度由粗变细, 具有刷蚀型滩面的某些特点; 南岸以中潮滩最粗, 反映堆积型滩面中带水动力相对活跃的一般状况。沉积物颗粒最粗点和最细点皆落在北岸东区<sup>2)</sup>高潮滩, 这可能与长江输沙直接或间接来源以及季节性、尤其是风暴潮刷蚀型潮滩沉积过程有关。岛屿沉积物最细, 这是由杭州湾悬沙湾口细、湾顶粗的特点所决定的。

### 2. 分带粒度参数

据粒度参数统计(表1), 杭州湾潮滩沉积

物平均中径( $\phi_{50}$ )为5.28 $\phi$ ; 平均粒径(ME)为4.33 $\phi$ , 属粗粉沙。据福克等 $\sigma_1$ 标准, 分选中等,  $\sigma_1$ 值0.76。偏态(SK<sub>1</sub>)0.12, 正偏与正态分布接近。不对称系数(KG)1.18, 介于宽峰与窄峰之间。表1揭示沉积物粒度自高滩至低滩有变细趋势, 尤以北岸潮滩最为明显, 这与终端粒级趋势相吻。从分选来看, 中潮滩最好, 高潮滩次之, 低潮滩较差, 也有一些例外情况。偏态参数, 90%以上为正偏。北岸西区黄家堰高潮滩099样点出现负偏, SK<sub>1</sub>为-0.01, 而涌潮区<sup>3)</sup>黄湾中潮滩003样点SK<sub>1</sub>为+0.01, 偏态值±0.01。为统计样品中最近于正态分布, 余皆>0.01。

### 3. 峰型

由频率曲线获得主要的三组六种峰型, 其中, 窄峰占70%以上, 宽峰<20%, 多峰<10%。窄峰和宽峰在高潮滩最多, 占50%—60%, 尤以窄峰尖型为最。宽峰在中、低潮滩的比率有增加趋势, 宽峰圆型在低潮滩的比率达30%以上。多峰属宽峰范畴, 其中多峰圆型在低潮滩高达43%。

上述峰型平面分布, 由窄峰尖型—窄峰圆型—宽峰尖型—宽峰圆型, 反映水动力条件有依次减弱趋势, 沉积物颗粒的集中程度也变差。在分选程度上, 窄峰较宽峰为好。统计峰态KG

1) 姚胜初、徐志刚同志协助库尔特计数器分析, 李兴法同志协助采样, 一并致谢。

2) 乍浦一庵东断面以东为东区, 以西为西区。

3) 同济大学海洋地质系, 1977。《粒度资料的处理和应用》, 科技情报组编, 第20页。

表1 潮滩各带沉积物粒度参数统计

分带	地区	样品数	$\phi_{50}$	ME	$\sigma_1$	SK <sub>1</sub>	KG
高潮滩	北岸	9	4.63	4.36	1.09	0.10	1.24
	南岸	14	5.50	2.65	0.60	0.14	1.17
	平均		5.16	3.32	0.79	0.12	1.20
中潮滩	北岸	3	4.80	4.78	0.61	0.03	1.20
	南岸	6	5.51	5.63	0.74	0.24	1.06
	平均		5.27	5.35	0.70	0.17	1.11
低潮滩	北岸	4	5.27	5.28	0.72	0.09	1.14
	南岸	7	5.70	5.81	0.74	0.25	1.22
	平均		5.54	5.62	0.73	0.08	1.19
杭州湾平均值		43	5.28	4.33	0.76	0.12	1.18
变化范围			6.25—3.35		2.25—0.38		

表2 潮滩各带峰态(KG)统计表(144个样品)

潮滩分带	窄峰		宽峰		多峰	
	尖型	圆型	尖型	圆型	尖型	圆型
高	1.29	1.23	1.03	0.95	1.07	1.27
中	1.05	1.19	1.05	1.12	—	1.32
低	1.26	1.19	1.13	1.05	1.44	0.94
变化范围	1.99—0.95	1.71—0.83	1.32—0.86	1.30—0.87	1.44—0.75	1.40—0.83

值(表2)表明,窄峰KG在1.99—0.83之间,多半分布在北岸西区和南岸东区,尤其是在涌潮区水动力最活跃的地区。宽峰KG在1.32—0.86之间,反映沉积物粒度粗混细,动力条件由强变弱之趋势。多峰KG在1.44—0.75之间,反映沉积物粒度细混粗、动力条件由弱变强的特点。

多峰曲线主要表现为双峰或三峰,双峰占76.9%。峰值主要由粉沙和细沙两个粒级组成。

## 二、级配曲线类型

### 1. 累积曲线

归纳为四类: S-粗型, S-细型, W-粗型和 W-细型。粗型沉积物中径多在0.03毫米以上( $\phi_{50} < 5$ ),粗型曲线以北岸高、中潮滩居多。细型沉积物则 $< 0.03$ 毫米( $\phi_{50} > 5$ ),

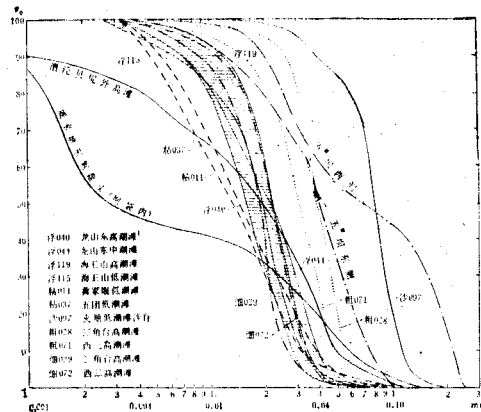


图1 杭州湾潮滩沉积物粒度级配曲线类型

主要出现在南岸高、中潮滩。(图1)。

(1) S-细型曲线:以浮泥曲线最典型(图1阴影部分),主要出现在高潮滩,其厚度从数毫米至40厘米,甚至更厚。物质一般较细,分

析资料表明,从粉沙粗段至淤泥尾段都可组成浮泥。由此推论,潮滩各带都有可能出现浮泥,亦非纯粹取决于沉积物粒度或受絮凝作用所支配。

另一组是潮滩韵律层中的细互层和老粘土曲线。前者以029和072样点为代表,其曲线几乎完全落入浮泥曲线的阴影范围内。老粘土以037和011样点为代表,分选比浮泥差,粒度较浮泥细。其优势粒级在0.017—0.015毫米之间, <0.004毫米的含量占3%—5%,为杂色沉积,富浪蚀蜂窝孔洞,滩面起伏,多印纹陶片、陶罐片、瓷片,有磨圆砾石、牡蛎、贝壳碎片及植物残根,与低潮滩现代沉积截然不同。老粘土曲线的累积点距或曲线型,与南岸高潮滩曲线(图2)十分相似,可能是过去淤涨型滩面高潮滩地貌部位。

(2) S-粗型曲线:即潮滩韵律层中的粗互层。以028和071样点为代表,曲线点距和型式与北岸中潮滩曲线相当,唯粒度偏粗,优势粒级为0.03—0.04毫米,分选比浮泥好。主要分布于水动力活跃的沉积环境。

(3) W-粗型曲线:主要分布在高、低潮滩上,以北岸头图庙5#坝东、西侧高潮滩及南岸097样点为代表。前者系细沙质滩面,优势粒级在0.25—0.035毫米之间,分选较差,  $\sigma_1 \geq 1.0$ ; 后者为低潮沙脊,细沙组成,优势粒级为0.17—0.065毫米,分选较好,  $\sigma_1$  为0.58。W-粗型属双峰曲线,为浪积-流积型粗混细沉积。

(4) W-细型曲线:以北岸戚家墩东侧盘头内及曹泾贝壳堤外高潮滩样点为代表,为淤泥质滩面, <0.004毫米的含量在28%—50%以上,分选很差,  $\sigma_1 > 2.0$ 。属双峰频率曲线,系流积-浪积型细混粗沉积。

杭州湾潮滩沉积物的累积曲线可用高、中、低潮滩三组曲线概括(图2)。由图2可知,北岸潮滩沉积物总体比南岸粗。而南北岸中、低潮滩曲线相当接近。南岸中潮滩曲线与北岸低潮滩曲线一致,表明北岸潮滩动力比南岸强。

## 2. 概率累积曲线

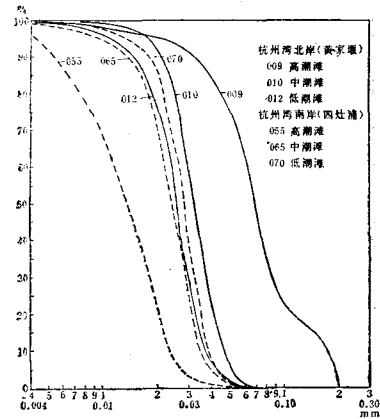


图2 潮滩各带沉积物粒度累积曲线

如以概率累积曲线表示,其沉积物搬运方式、粒度参数以及空间分布具下列特点。

第一组(高潮滩曲线):北岸为滚、混、跳、悬、悬五段式或滚、跳、跳、悬、悬五段式(图3)。反映出沉积动力较强。滚、跳段呈上凸型,粗端(细沙)分选好,斜率 $80^\circ$ 以上,含量不到30%;细端(极细沙)含量达60%左右,即双跳细段为主,返流较强,属冲刷型高潮滩。南岸为悬、悬、悬三段式或悬、悬二段式,沉积物较细,为0.016—0.032毫米(中粉沙),分选中等以上,斜率 $60^\circ$ — $70^\circ$ 以上,水动力比北岸弱,属堆积型高潮滩。

第二组(中潮滩曲线):北岸表现为跳、悬、悬三段式或滚、跳、悬、悬、悬五段式。粗粉沙含量高达50%—80%,分选良好,斜率 $70^\circ$ — $80^\circ$ ,表明水动力条件相对活跃。滚、跳组分平均粒度为0.12—0.06毫米(极细沙),含量较少(10%—20%),沉积物总体比高潮滩细。南岸曲线呈悬、悬、悬三段式或悬、悬二段式。物质偏细,悬浮组分占50%—60%,平均粒度在0.018—0.030毫米(中粉沙),分选中等以上,斜率 $60^\circ$ — $70^\circ$ 以上。

第三组(低潮滩曲线):北岸表现为跳、跳、悬、混、悬五段式或悬、悬、混、悬四段式。以悬浮粗段为主,含量70%—80%,分选良好,斜率 $70^\circ$ 以上。跳跃组分见于金山卫一带,平均粒度为0.07毫米(极细沙),一般比中潮滩细。南岸曲线呈悬、悬、悬或悬、混悬、

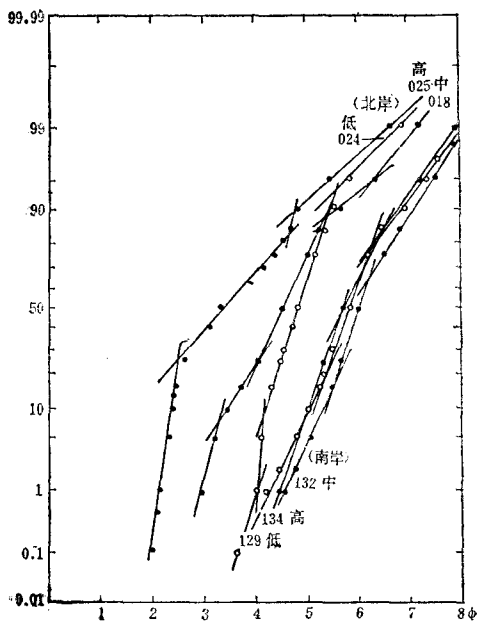


图3 高、中、低潮滩曲线

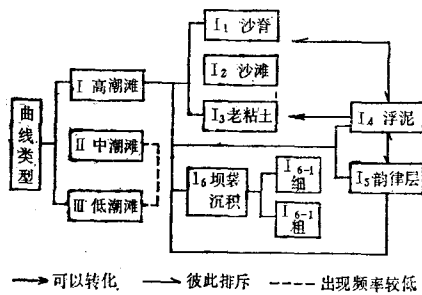


图4 杭州湾潮滩沉积物粒度概率累积曲线类型相互关系

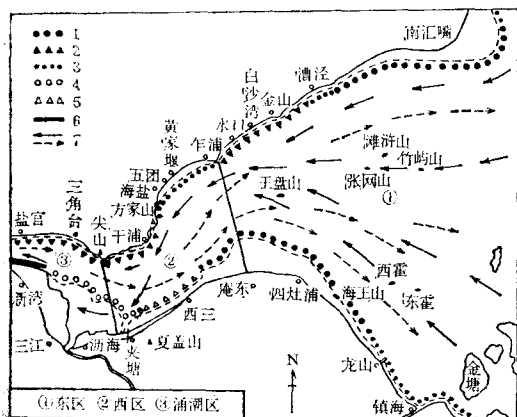


图5 杭州湾潮滩动态类型示意  
①稳定淤涨型；②稳定侵蚀型；③稳定微涨型；④不稳定淤涨型；⑤不稳定侵蚀型；⑥人工稳定型；⑦涨落潮流向。

悬三段式,含量60%—70%,属中粉沙。平均粒度0.02—0.03毫米,分选较好,斜率70%左右。

上述三组曲线类型还可派生出亚类型。其相互关系见图4。

### 三、潮滩动态类型

随着长江三角洲的发育,杭州湾逐渐形成,同时出现了北塌、南涨的海岸变迁史。北岸自王盘山岸线形成以后,经历了1500多年的蚀退,形成了金山—乍浦—干浦弧形岸线,现基本趋于稳定;南岸自11—14世纪的临山—浒山—龙山岸线形成至今,海岸仍不断向海淤涨。潮滩可划分为六类(图5)。

(1) 稳定淤涨型: 主要分布在北岸漕泾以东,南汇角一带以及南岸庵东扇形潮滩,这是现代杭州湾潮滩的主体。南汇角东、南两侧潮滩有塌此涨彼或涨此塌彼现象,周期约20年,其冲淤取决于岸外水下浅滩的变化,与长江河口的演变过程密切相关。庵东扇形潮滩向海突出,滩面淤涨受制于涨落潮动力的消长过程,落潮轴流逼岸或偏北风浪增强时,滩面时有冲刷。这类潮滩总体仍属稳定淤涨,滩面宽阔,一般宽4—5公里,最宽10公里。沉积物一般较细,多属S-细型或W-细型曲线,最细点落在南岸高潮滩,φ50为5.73φ。最粗点落在北岸高潮滩,φ50为3.86φ,在有利地形条件下,还可发育高潮沙脊。

(2) 稳定侵蚀型: 主要在漕泾以西至乍浦、干浦—尖山一带。滩面较窄,一般不超过2公里,三角台一带仅数十米。物质较粗,粗粉沙含量高达50—80%以上。乍浦以东泥质成分逐渐增加,多浪积-流积粗混细沉积,多属S-粗型或W-粗型曲线。乍浦—金山岸段,受涨潮轴流顶托,滩面多刷蚀型。金山嘴一带20米深槽逼近岸边,但零米等深线基本稳定。金山以西至乍浦,自1959年至1981年实测零米等深线向岸蚀退100—150米,滩面有刷蚀迹象。但水口湾滩面在偏北风时多浮泥,滩面细化,偏南风时浮泥荡净,滩面粗化,具冬淤夏冲的季节性旋回。应该指出,漕泾—乍浦岸段坝袋沉

积作用十分显著,表明沉积物纵向搬运占优势;如在此建港,泥沙淤积问题不可忽视。

(3) 稳定微涨型:位于北岸乍浦—乍浦以及南岸龙山—镇海岸段,滩面宽1—1.5公里,弧形岸线已基本淤积夷平,但仍有微涨现象。滩面物质较细,多属S-细型曲线。但北岸黄家堰、五团一带由于东和东南涨潮流的交汇顶冲,深水线逼近滩坡,滩面时有冲蚀,老粘土遂被冲蚀裸露。偏北风增强时,南岸龙山—镇海一带仍有冲刷现象。

(4) 不稳定淤涨型:主要指曹娥江口滩地。滩面发育因钱塘江落水主流南北摆动而显得不稳定。这里涨落潮流路分歧,通常发育江心洲(俗称中砂)。主流北摆(洪季枯潮),中砂偏南,潮滩增生。主流南摆(洪潮枯季),中砂偏北,潮滩冲刷。但潮滩总体处于淤积增长环境。河槽纵比降较大,又值涌潮发生地段,泥沙交换强烈,潮滩有大冲大淤现象。滩面物质较粗,多属W-粗型,韵律沉积层十分发育。特殊的沉积构造有泥火山土丘,丘顶常被切屑,粉沙蚀离,残留泥层,构成同心圆状的碟形套碟式构造。主流南摆期间,流、浪冲刷作用加强,潮下带水深增大,还发育低潮沙脊。这

里潮能积聚,动力条件较强,沉积物分选最好。

(5) 不稳定侵蚀型:南岸西三岸段最典型。潮滩被潮流沟冲蚀,海岸蚀退强烈,蚀离潮滩弧悬海中。潮流沟走向东西,其宽窄深浅多变,上下游冲淤轮番,具周期性,潮滩的冲淤极不稳定。

(6) 人工稳定型:位于肖围十五段以西,潮滩全线被围海工程人为固定。

上述六类潮滩冲淤的一般规律是,北岸冬淤夏冲,南岸夏淤冬冲。东区涨潮大溜偏北,进沙大于出沙;西区落潮轴流偏南,出沙大于进沙;介于东区和涌潮区之间的乍浦—尖山河段,涨落轴流呈“x”交错流路,在一个全潮周期内存在北沙南迁的趋势。沉积物北粗南细以及潮滩海岸北塌南涨的历史是其必然结果。

综上所述,北岸有利于港口、航道的开辟,但须有相应的护岸防浪措施;南岸有利于农盐围海和滩涂养殖,但须解决水源和土壤改良问题;在不稳定淤涨岸段,围海工程应以大规模突击抢围为宜;庵东扇形潮滩东西两侧,尚有护岸保滩问题;在坝袋沉积显著的岸段,开辟港口,尚须注意港口的淤积问题。(参考文献略)。

## A PRELIMINARY ANALYSIS OF SEDIMENTARY CHARACTERISTICS OF HANGZHOU BAY

Feng Zian

(Department of Geography, Hangzhou University)

### Abstract

Hangzhou Bay is a typical strong tidal estuary sandbeach with an average grain size of 0.25mm, but coarser in the north and thinner in the south. The northern bank has retreated gradually and the southern one has widened through siltation for thousand years. So the northern bank is better fitted for developing waterway if breakwater is built, southern bank is more suitable for agriculture development if the soil condition is improved.

This article describes the composition of sediment, the structural dynamics and distribution patterns, offering valuable reference for the better use of the bay.