

港湾深槽骤淤的条件探讨

杨 辉^{1,2}, 谢钦春¹, 李伯根¹, 夏小明¹

(1 国家海洋局 第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012; 2 中国海洋大学 海洋环境学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 深槽骤淤指深槽底部在特定条件下产生的快速淤积, 通常以浮泥形式出现. 综合分析杭州湾、三门湾和象山港的地形地貌、水文泥沙及深槽固定剖面风暴前后或大、小潮期间的地形变化得出港湾深槽产生骤淤的基本条件: (1) 有丰富的细颗粒物质的供应源; (2) 迅速衰减的动力条件; (3) 存在明显的负地形. 三个条件必须同时得到满足, 深槽才能产生骤淤. 杭州湾泥沙来源丰富, 终年悬沙浓度高, 东试挖槽附近受长江冲淡水次级锋面和钱塘江冲淡水锋面影响较大, 因此在一个大小潮周期内水动力条件减弱时挖槽处可产生骤淤. 三门湾泥沙来源较丰富, 正常天气的年份内潮滩处于缓慢淤积状态, 而深槽处于冲淤基本平衡状态, 但在风暴等灾害性天气下发生强烈的滩、槽泥沙交换, 若风暴后处于中小潮汛期则深槽发生骤淤. 象山港由于环境隐蔽, 水清沙少, 沿岸潮滩狭窄, 缺少骤淤的物源, 即使风暴作用后鹰龙山深槽也没有产生骤淤.

关键词: 骤淤; 细颗粒泥沙; 深槽; 港湾

中图分类号: P736.2; TV148+.6

文献标识码: A

文章编号: 0253-4193(2005)04-0095-07

1 引言

“十五”及今后较长的一段时期内, 浙江省众多的大型海岸工程将规划布局在杭州湾、象山港、三门湾、乐清湾等港湾的深水岸段, 然而深水岸段的骤淤(快速淤积)对海岸工程的布局影响重大. 深槽骤淤指深槽底部在特定条件下产生的快速淤积, 通常以浮泥形式出现. 浮泥容重(r_m)约为 $1.03 \sim 1.20 \text{ t/m}^3$, 它的临界冲刷流速为 $25.3 \text{ cm/s}^{[1]}$, 明显低于新淤黏性土($r_m > 1.25 \text{ t/m}^3$)的临界冲刷流速值($> 50 \text{ cm/s}$), 浮泥处于流动状态, 当其容重达 1.20 t/m^3 时才失去流动性, 一般需要 $40 \sim 50 \text{ d}^{[1]}$. 在这段时间, 若遇较强的水动力条件就很容易再悬浮被带走. 国内外研究者从浮泥的成因和发育、沉降速度及与河口拦门沙的关系等方面对河口骤淤进行了大量的研究^[2-6], 但对于淤泥质港湾骤淤条件

的研究报道还较少. 通过浙江沿岸近十几年的海岸带、海岛基础调查及海岸工程可行性研究资料发现, 有些港湾的深槽在风暴期间或大、小潮期间产生骤淤, 而有些港湾的深槽即使在风暴等灾害性天气影响下也不会产生骤淤, 因此探讨港湾深槽产生骤淤的条件和可能性对于丰富和发展海洋沉积动力学理论、布设海岸工程及持续利用深水资源等方面具有重要意义.

2 资料

2.1 水文泥沙要素

对杭州湾、象山港和三门湾曾开展过多次冬夏季、大小潮周日同步时间的连续水文泥沙测验, 每一正点时刻进行水面、 $0.2H$, $0.4H$, $0.6H$, $0.8H$ 和底层(共 6 层)观测. 采用直读式海流计观测流速、流向, 悬沙浓度经取水后用 $45 \mu\text{m}$ 滤膜过滤、烘干、称重、

收稿日期: 2004-03-12; 修订日期: 2004-07-28.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40376029); 国家海洋局青年基金资助项目(2003308).

作者简介: 杨 辉(1973—), 男, 湖南省蓝山县人, 在职博士生, 从事海岸带动力地貌、沉积与资源开发利用研究. E-mail: hyyangh@163.com

1) 海海大学, 国家海洋局第二海洋研究所. 浙江三门湾核电站岸滩稳定性——数学模型. 1995.

计算获得. 本文选用杭州湾深水航道东试挖槽附近 1987~1988 年的 C2、C3 站资料²⁾、三门湾猫头深槽附近 1994 年的 N6 站³⁾资料、象山港近口门段 1994 年 S01 站⁴⁾和 1983 年的 8312 站⁵⁾资料,象山港顶部 2002 年 Q01 站⁶⁾和 1983 年 8327 站⁵⁾资料.

2 2 水深及浮泥

对杭州湾东试挖槽的浮泥采用高浓度 γ 测沙仪结合双通道高、低频测深仪进行观测^[1],高、低频水深差的差值为浮泥层的厚度;对象山港鹰龙山电厂检测断面水深测量使用国产 SDH-6 回声测深仪,仪器精度为 ± 0.1 m,对浮泥层厚度采用原状土取样手段进行观测;对三门湾核电站深槽断面水深测量采用日本产 PS-10E 型测深仪,其精度为 ± 0.05 m⁷⁾,对潮滩剖面水深重复测量设置 12 根固定桩,用水准仪测量固定桩的高程,并测量桩顶离滩面的距离,计算滩面的变化.

3 固定剖面冲淤观测记录

3 1 杭州湾深水航道东试挖槽观测记录

杭州湾是喇叭状河口湾(图 1a),北岸从金山卫至乍浦沿岸前沿有一长约 40 km 的深槽,水深 10 m 以上,最深处可达 52 m^[7],是重要的深水岸线资源,但由于杭州湾口为水下浅滩分布区,海底地形平坦,水深 8 m 左右,缺乏深水航道,制约了深水岸线资源的开发.为开发杭州湾北岸的深水岸线资源、研究开辟深水航道的可能性,1993 年 2 月至 4 月 13 日在杭州湾崎岖列岛至滩浒山的浅滩之间进行了东试挖槽试验(图 1a).

1993 年 4 月 13 日至 1994 年 4 月 11 日,南京水利科学研究院等单位在东试挖槽共进行了有效的回淤观测 11 次^[1,8],其中 1993 年 10 月 22 日、12 月 8 日、1994 年 4 月 5 日的 3 次小潮间,槽中出现 1 m 左右的浮泥层.1994 年 4 月 1~9 日中—小—中潮汛期间浮泥产生和消失的记录为:4 月 1~2 日槽中没有浮泥,4 月 3 日中午浮泥开始产生,至 4 月 5 日浮泥层厚度可到 1.2 m 左右;从 4 月 5 日至 8 日小潮转

中潮,底流速逐渐加大,浮泥随之减少,至 8 日已全部消失^[1].由此可见,杭州湾底沙与悬沙交换频繁,冲淤幅度大,在大小潮周期内即可产生骤淤.

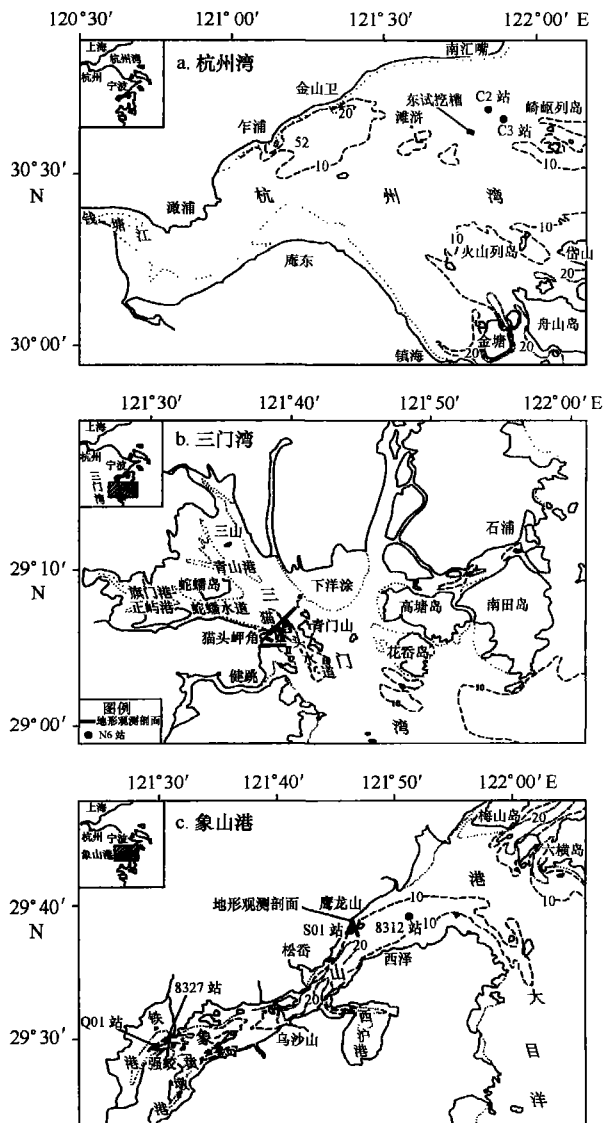


图 1 研究区位置及地形

3 2 三门湾猫头深槽观测记录

三门湾为东南向开口的宽浅型半封闭海湾(图 1b).以猫头山—青门山—下洋涂一线为界可分为

2) 国家海洋局第二海洋研究所. 杭州湾水界面(锋面)及其对悬移物质输送影响的研究报告. 1989.

3) 国家海洋局第二海洋研究所. 浙江三门核电站址附近海域水文泥沙测验和同步潮位观测研究报告. 1994.

4) 国家海洋局第二海洋研究所. 浙江沿海鹰龙山电厂海洋水文气象站观测断面监测报告. 1994.

5) 国家海洋局第二海洋研究所. 浙江省海岸带和海涂资源综合调查海洋水文调查报告. 1983.

6) 浙江省水利河口海岸研究院. 浙江沿海(宁海)电厂工程可行性研究——水文测验综合报告. 2002.

7) 浙江省河口海岸研究所, 国家海洋局第二海洋研究所. 浙江三门湾核电站岸滩稳定性——滩槽检测断面报告. 1995.

内、外两湾,内湾环境隐蔽,潮汐通道呈指状深嵌内陆,与舌状潮滩并列相间;外湾环境相对较开阔.猫头深槽(水深大于10 m)为三门湾主要的潮汐通道之一,内接蛇蟠水道、旗门港、正屿港等水道,沟通了三门湾内、外湾的水沙交换.猫头基岩岬角岸段稳定,环境容量大,为我国拟建核电厂的优良厂址之一.为研究电厂取、排水口布设的可行性,在猫头深槽及附近潮滩设立剖面进行了一年四季特别是台风前后的地形变化观测.在正常天气及无风暴影响的年份内,猫头深槽底床冬、春季微淤,夏、秋季微冲,

年内冲淤基本平衡^[9,10],但风暴前后猫头深槽地形变幅大^[11](表1),1994年8月26日,即9417号台风侵袭三门湾后的1周,猫头深槽出现骤淤,淤积厚度自边坡向底部增大,最深点淤浅达2.70 m(图2).在此期间潮滩冲刷,剖面平均冲刷为3 cm,对剖面的(9月初)实测平均冲刷15.6 cm,最大值为17.0 cm.台风过后1.5个月,潮滩回淤8.5 cm,至1995年4月潮滩已接近原来的高程,而深槽在1995年1月的测量中也基本恢复到风暴前(6月)的水深.

表1 风暴前后潮滩、深槽剖面平均水深(m)及冲淤变化(m)

时间	潮滩(-3.3~0.0 m)	潮下带(0~4 m)	边坡上部(4~20 m)	边坡下部(20~32 m)	深槽底部(>32 m)	最深点	备注
1994年6月	-1.41	2.30	11.55	27.70	42.28	45.22	平均水深
1994年8月	-1.38	2.31	11.00	25.18	39.73	42.52	
1995年1月	—	—	—	—	42.50	45.44	
1994年6月~1994年8月	-0.03	-0.01	+0.55	+2.52	+2.55	+2.70	冲淤变化
1994年8月~1995年1月	—	—	—	—	-2.77	-2.92	

注:基面为理论深度基准面;潮滩及潮下带引用剖面 和 的数据,边坡至深槽底部引用剖面 的数据.

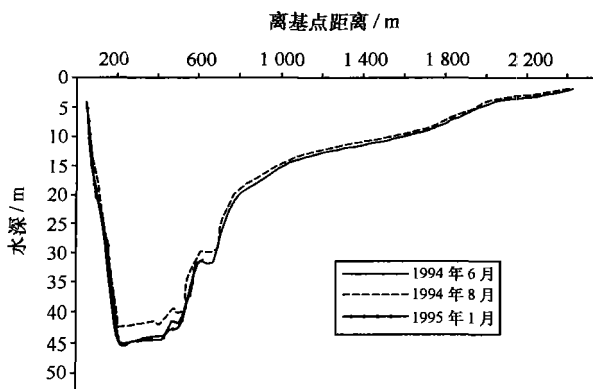


图2 9417号台风前后三门湾猫头深槽剖面的水深变化

1997年8月18日(农历七月十六)9711号台风在浙江温岭登陆,台风过境时主导风向为北北西,最大风速为32.7 m/s,最大波高为2.92 m,在三门湾健跳站出现历史最高潮位.对台风过境后的测量表明猫头深槽普遍淤积,最深点淤浅3.5 m^[8].自8月18日登陆至28日尚能观测到3~4 m的浮泥层厚度.1998年6月的测量基本恢复到风暴前1997年6月的水深.

3.3 象山港鹰龙山深槽观测记录

象山港南、西、北三面为低山丘陵环抱,东口有六横、佛渡及梅山等岛屿作为天然屏障,纵深60 km,是一个北东-南西向的狭长半封闭型海湾(见图1c),海域宽度一般为3~8 km,口门达18 km,湾内环境隐蔽.象山港鹰龙山岸段为华东地区拟建火电厂址之一,9417号台风前后对象山港鹰龙山厂址前沿进行地形剖面测量和浮泥观测,台风后海底冲刷幅度在0.1~0.3 m(图3),近岸边水深基本不变,至冬季测量地形均已恢复到原来状态.台风前7月份鹰龙山厂址前沿浮泥厚0.01~0.02 m,9417号

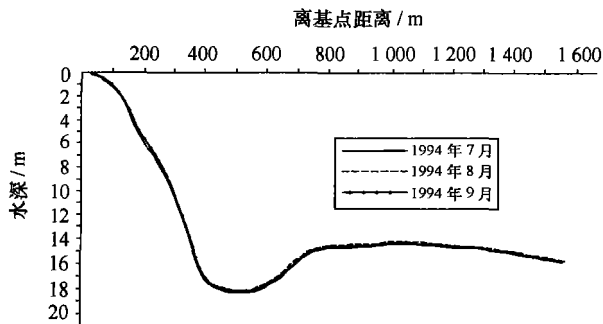


图3 9417号台风前后象山港鹰龙山深槽剖面水深变化

8) 浙江省河口海岸研究所. 9711号台风前后三门湾滩槽检测断面资料技术报告. 1997.

台风后 8 月份测得浮泥厚 0.00~0.02 m, 12 月份观测浮泥厚 0.01~0.02 m. 由此可知, 台风过境后象山港鹰龙山深槽没有出现骤淤.

4 深槽骤淤的条件分析

根据上述的深槽地形剖面观测记录并结合海湾的地形地貌、水文泥沙等环境条件的综合分析, 我们认为港湾深槽产生骤淤应具备下列条件: (1) 有丰富的细颗粒物质的供应源; (2) 迅速衰减的动力条件; (3) 存在明显的负地形.

4.1 丰富的细颗粒物质来源是深槽产生骤淤的物质基础

杭州湾地形开阔, 北临长江口, 泥沙来源丰富, 每年长江为杭州湾带来大约 0.3 亿 t 泥沙^[12]. 杭州湾水动力较强, 强劲的潮流再加上波浪的共同作用对底质(粉砂和黏土质粉砂)具有强烈的掀动作用, 湾内底沙与悬沙物质(中径约为 0.006~0.020 mm)交换频繁, 以致杭州湾终年悬沙浓度高^[13]. 此外, 东试挖槽附近受长江冲淡水的次级锋面和钱塘江冲淡水锋面的影响较大, 处于杭州湾悬沙浓度相对高值区, 盐度变化大(12~24), 悬沙易产生絮凝沉降, 底质中的黏土含量高(30%~40%)^[14]. 悬沙浓度在冬季略大于夏季(表 2), 底层

平均悬沙浓度在冬季大潮可达 2.25 kg/m³, 在夏季为 1.72 kg/m³, 冬季小潮可达 1.06 kg/m³, 在夏季为 0.38 kg/m³, 高浓度的悬沙(尤其在冬春季)在近底层流速减弱时便出现快速落淤, 这与地形观测记录在一个大小潮周期内可产生骤淤相吻合.

三门湾入湾的细颗粒物较丰富, 猫头深槽属于悬沙浓度相对高值区, 冬季大潮垂线平均悬沙浓度可达 0.7 kg/m³, 是夏季的 2~3 倍, 底层最大悬沙浓度在冬季可达 1.96 kg/m³, 在夏季为 1.49 kg/m³(表 2). 三门湾内潮滩处于缓慢淤积状态, 三山涂、蛇蟠涂、正屿涂等面积达 176 km²(占三门湾潮滩面积的 60%). 9417 号台风入侵时潮滩遭受强烈冲刷, 为深槽骤淤提供丰富的物质. 据 9417 号台风数值模拟^[1], 当风速为 30 m/s 时波浪在内湾港汊水域最大波高可达 1.47 m, 在下洋涂、蛇蟠涂等浅滩波高稍小, 一般小于 1 m, 但底切力的分布却与水深呈反比, 深水区的一些部位在 5 N/m² 以下, 而在蛇蟠涂超过 20 N/m², 在下洋涂超过 30 N/m². 随着风速的增大波高继续增大, 当风速最大为 44 m/s 时, 波高超过 1 m 的范围扩大, 此时底切力分布的不均匀性更加明显, 深水部位仍在 5 N/m² 以下, 在南边滩为 20 N/m², 而在蛇蟠涂却超过 60 N/m², 在下洋涂在 70 N/m² 以上, 在强大的底切力作用下内

表 2 研究区悬沙浓度及流速特征统计

地貌部位	站位	水深/m	季节	潮流	最大悬沙浓度/ kg·m ⁻³		平均悬沙浓度/ kg·m ⁻³		最大流速/ m·s ⁻¹		平均流速/ m·s ⁻¹	
					表层	底层	表层	底层	表层	底层	表层	底层
杭州湾 东试挖 槽附近	C2	9	夏季	大潮	1.37	3.80	0.25	1.72	2.32	1.76	1.45	1.14
				小潮	0.06	1.58	0.02	0.38	1.77	0.77	0.78	0.44
	C3	9.2	冬季	大潮	2.10	4.17	0.81	2.25	2.76	1.34	1.37	0.72
				小潮	0.58	1.78	0.18	1.06	1.60	0.88	0.85	0.47
三门湾 猫头 深槽	N6	22	夏季	大潮	0.11	1.49	0.08	0.88	1.79	1.45	0.95	0.61
				小潮	0.04	1.31	0.02	0.31	0.90	0.58	0.47	0.33
			冬季	大潮	0.76	1.96	0.47	1.06	1.66	1.30	0.85	0.61
				小潮	0.08	0.50	0.05	0.20	0.66	0.39	0.27	0.16
象山港 近口 门段	S01	13	夏季	大潮	0.12	0.37	0.06	0.20	1.19	0.98	0.52	0.47
				小潮	0.04	0.14	0.03	0.06	0.65	0.35	0.35	0.24
	8312	10.5	冬季	大潮	0.60	0.86	0.16	0.47	1.41	1.02	0.69	0.54
象山港 顶部	Q01	10.5	夏季	大潮	0.06	0.31	0.02	0.08	1.20	0.76	0.52	0.31
				小潮	0.02	0.08	0.01	0.04	0.61	0.43	0.28	0.20
	8327	19	冬季	中潮	0.04	0.10	0.02	0.03	0.56	0.44	0.27	0.19

湾潮滩遭受强烈冲刷。本文对内湾潮滩(176 km²)的冲刷量与猫头深槽(1.05 km²)的淤积量之间的对应关系进行了统计,假设内湾潮滩平均冲刷6 cm(实测结果显示,风暴过后1星期,在蛇蟠岛至胡陈港断面最大冲刷达10 cm),潮滩冲刷量为105.6亿m³;实测猫头深槽(大于20 m水深)的淤积厚度为250 cm左右,淤积量为26.3亿m³,猫头深槽的淤积量仅占潮滩冲刷量的24.9%,风暴作用下物源的充裕由此可见一斑。

象山港由于港湾狭长,泥沙向港内输送量十分有限,除口门段冬季大潮垂线平均悬沙浓度可达0.4 kg/m³外,湾中部和湾顶部终年水清沙少,悬沙浓度远远低于杭州湾和三门湾(见表2)。在鹰龙山深槽附近夏季大潮期间底层最大悬沙浓度仅为0.37 kg/m³,近口门段的8312站冬季大潮底层最大悬沙浓度也只有0.86 kg/m³。象山港沿岸潮滩狭窄,潮滩主要分布在口门附近及西沪港、铁港和黄墩港三个支港,以西泽断面为界,东部口门附近的潮滩季节性冲淤变化幅度为10~20 cm,受灾害性天气影响较大,5612号台风时梅山岛东北的滩面刷低约50 cm^[15]。西沪港、铁港和黄墩港形似葫芦状,受“葫芦口颈部”地形的制约,出入泥沙少,潮滩基本处于冲淤稳定状态,受灾害性天气影响小。9417号台风期间象山港内潮滩较稳定,在鹰龙山深槽西侧潮滩只有表层小于5 cm浮泥被冲刷,在铁港、黄墩港潮滩几乎没有变化,因而象山港内缺少充裕的沉积物源。

由上述分析可知,杭州湾细颗粒泥沙来源丰富,在一个大小潮周期内就可能产生深槽骤淤;三门湾泥沙来源较丰富,在风暴作用等灾害性天气下滩、槽泥沙的强烈交换可能使深槽产生骤淤;象山港中部及内湾由于水清沙少,即使在风暴等灾害性天气下也缺乏深槽骤淤的物质基础。

4.2 迅速衰减的水动力是港湾深槽骤淤的动力基础

从大潮向小潮过渡期间,流速减弱(尤其是底流速),水流挟沙能力降低,同时杭州湾人工挖槽内床面流速一般均比原浅滩床面的流速小,在中小潮期间悬沙浓度大于水流挟沙能力^[8],部分泥沙便下沉落淤。据1994年4月1~9日在东试挖槽对浮泥观测的资料分析,浮泥生成前的4月4日11:00~16:00的槽内平均流速仅为3.38 cm/s,此后浮泥大量生成时的小潮期平均底流速为9.28 cm/s,均小于

临界淤积底流速(21.5 cm/s)^[11],即从中潮憩流阶段开始槽底流速小于临界淤积流速,浮泥开始生成,而整个小潮期间槽底流速均小于临界淤积流速,致使槽中浮泥层不断加厚。

在9417号台风作用期间三门湾经历了一个水动力迅速衰弱的过程,台风作用时风暴增水恰与天文大潮高潮相重叠,猫头海洋站记录到风暴增水0.9 m,而风暴作用时通常是狂风暴雨,在台风浪、暴雨的强劲动力作用下潮滩的床沙必将迅速掀起,形成超饱和的高含沙水体。在台风过后的短时间内水动力迅速减弱,潮滩上(主要是内湾潮滩)的超饱和和高含沙水流在向湾外流动过程中挟沙力逐渐降低,悬沙相继落淤,在底层形成浮泥层,浮泥在重力作用下顺坡汇集至深槽处^[4,16],并且在9417号台风作用后的几天潮汛正好由大潮转为小潮,不利于骤淤物发生再悬浮作用。由于9711号台风过境时的动力条件和潮汛与9417号台风相似,因此9711号台风后猫头深槽骤淤也明显。

象山港台风期间也具备水动力迅速衰减的条件,但由于缺乏充裕的沉积物源,因而骤淤现象不明显。

4.3 明显的负地形是深槽骤淤的地貌基础

明显的负地形对深槽骤淤产生两个方面的影响:一方面,悬沙在水层底部富集起来时会形成浮泥层,而周边的浮泥层在重力作用下发生水平运动^[4,16],因此一层又一层浮泥顺坡至深槽下部堆积起来,深槽起了“集沙坑”的作用;另一方面,负地形中心底部流速相对较小,新落淤物发生再悬浮的可能性小,从而使深槽中心底部骤淤幅度最大。

杭州湾深水航道东试挖槽挖前平均水深为7.7 m,与该海区的最浅水深较为接近,槽长2 000 m,底宽80 m,平均挖深4.1 m,边坡降为1:10,槽口纵坡降为1:50,而挖槽周围是水下浅滩,地形高差较明显,因此挖槽后的前期属于迅速淤积阶段(55 d时间内挖槽淤高1.96 m^[8]),待地形高差减小后属于季节性淤积阶段(在大小潮周期内产生1 m左右的快速沉积)。

三门湾猫头深槽紧靠岬角,最大水深为46.5 m,离岸距离仅为200 m。深槽西南坡陡(10°~14°),东北坡缓(1°~2°),深槽底部较平坦,水深大于20 m的范围为1.05 km²。相对周边的潮滩和潮汐水道而言,负地形明显,因此9417号台风作用后深槽起到了“集沙坑”的作用,剖面淤积厚度自边坡向底

部增大,最深点淤积幅度最大。

象山港鹰龙山深槽最大深度约为18 m,北坡坡降约为1:14,南坡坡降约为1:50,而象山港内深槽发育(见图1c),最大水深达55 m,相对而言,鹰龙山深槽负地形不如三门湾猫头深槽明显,再加上缺乏深槽骤淤的沉积物源,因此在鹰龙山深槽没有观测到风暴骤淤。

5 结论

研究表明港湾深槽产生的基本条件:(1)有丰富的细颗粒物质的供应源;(2)迅速衰减的动力条件;(3)存在明显的负地形。象山港由于环境隐蔽,水清沙少,沿岸潮滩狭窄,缺少骤淤的物源,即使风暴后也没有发生骤淤。杭州湾和三门湾能同时满足上述三个条件,但骤淤产生的条件和发生状况有所差别:

参考文献:

- [1] 戴贤凯,徐敏. 杭州湾深水航道东试挖槽浮泥研究[J]. 海洋工程, 1998, 16(2): 43—49.
- [2] MAYNARD M N. Fluid mud accumulation processes in an estuary[J]. *Geo-Marine Letters*, 1985, 4: 171—176.
- [3] WOLANSKI E, CHAPPAL J, RADD P, et al. Fluidization of mud in estuaries[J]. *J Geophys*, 1988, 93(C3): 2 351—2 361.
- [4] 李炎,夏小明,董礼先. 椒江河口浮泥的分布和调整[J]. 海洋学报, 1998, 20(4): 72—82.
- [5] 李九发,何青,徐海根. 长江河口浮泥形成机理及变化过程[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(3): 302—310.
- [6] 徐建益,袁建忠. 长江口深水航道建设中的浮泥研究及评述[J]. 泥沙研究, 2001, (6): 74—81.
- [7] 余祈文,符宁平. 杭州湾北岸深槽形成及演变特性研究[J]. 海洋学报, 1994, 16(3): 74—85.
- [8] 戴贤凯,徐敏,陆培东. 杭州湾深水航道成槽的可行性研究[J]. 海洋工程, 1997, 15(2): 39—49.
- [9] 夏小明,谢钦春,李炎,等. 港湾淤泥质潮滩的周期性变化[J]. 海洋学报, 1997, 19(4): 99—108.
- [10] 何青,恽才兴. 遥感在海岸岸滩稳定性分析中的应用[J]. 海洋学报, 1999, 21(5): 87—94.
- [11] 谢钦春,马黎明,李伯根,等. 浙江三门湾猫头深潭风暴快速沉积研究[J]. 海洋学报, 2001, 23(5): 58—69.
- [12] 林承坤. 长江口泥沙的来源分析与数量计算[J]. 泥沙研究, 1984, (2): 22—31.
- [13] 曹沛奎,谷国传,董永发,等. 杭州湾泥沙运移的基本特征[J]. 华东师范大学学报, 1985, (3): 75—83.
- [14] SU Ji-lan, WAN Kang-shan, LI Yan. A plume front in Hangzhou Bay and its role in suspended sediment transport[A]. CHENGR T. Residual Currents and Long-term Transport: Coastal and Estuarine Studies: Vol. 38[C]. New York: Springer-Verlag, 1990. 333—347.
- [15] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第五分册[M]. 北京: 海洋出版社, 1992.
- [16] KIRBY R. High concentration suspension (fluid mud) layers in estuaries[A]. DRONDERS J, VAN LEU SSEN W. Physical Processes in Estuaries[C]. Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. 463—487.

杭州湾泥沙来源丰富,潮动力变化大,悬沙与底沙交换频繁,同时挖槽附近受长江冲淡水的次级锋面和钱塘江冲淡水锋面的影响较大,悬沙易产生絮凝沉降,且东试挖槽为浅水区的人工挖槽,原来的自然动力平衡条件受到破坏,因此挖槽后的前期属于迅速淤积阶段,随着地形高差减小后进入季节性淤积阶段,在一个大小潮周期内水动力条件减弱时挖槽处可产生骤淤;三门湾属于淤泥质基岩港湾,入湾径流小,湾内盐度变化小(23~27)^[15],悬沙不易产生絮凝沉降,猫头深槽是自然条件下形成的天然水道,正常天气下底床冲淤基本平衡,虽然三门湾泥沙来源较丰富,但只有在风暴等灾害性天气下发生强烈的滩、槽泥沙交换,而风暴后又处于中小潮汛期时深槽才能发生骤淤。

Study on the conditions of rapid siltation in deep trough in the bay

YANG Hui^{1,2}, XIE Qin-chun¹, LI Bo-gen¹, XIA Xia-ming¹

(1. Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China; 2. Marine Environment College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: The rapid siltation of deep trough means the suspended sediment sinking very fast to the bottom of the trough within a quite limited period, and it makes up of fluid mud layer. A comprehensive analysis is done based on the data of duplicate measurement of seabed profile depth, topography, hydrology and sus-

pended sediment in the Hangzhou, Sanmen and Xiangshan Bays. The results show that rapid accumulation happens under three conditions: (1) fine sediment is very abundant; (2) hydrology diminishes quickly; and (3) there exists a obviously concave landform. These three factors must be satisfied at the same time, otherwise the rapid siltation cannot occur at the deep trough. Since the Hangzhou Bay is full of fine sediment, the suspended sediment concentration is high all the year and it is influenced by the secondary Changjiang plume front and the Qiantang plume front at the east trial dredged trough, the rapid deposition can be measured when the hydrology turns weak from spring to neap tidal period. The suspended sediment is plenty comparatively in the Sanmen Bay, the seabed of tidal flat is kept stable with a little siltation and the trough is nearly in the equilibrium of erosion and siltation within a normal year. Only when the storm hits the bay and the following days are between middle and neap tidal period after the storm past, a large number of suspended sediment eroded obviously from tidal flat will sink quickly to the deep trough. However, the Xiangshan Bay is sheltered with hills around the bay and islands in bay mouth, the water is very limpid and the suspended sediment is quite little, so the rapid accumulation cannot be happened in the inner bay trough even with the impact of storm.

Key words: rapid siltation; fine sediment; deep trough; bay