

淤泥质海床相邻的岬湾沙滩剖面特征研究^{*}

黄世昌^{1,2},姚文伟^{1,2},刘 旭^{1,2},吴创收^{1,2}

(1. 浙江省水利河口研究院,浙江 杭州 310020;2. 浙江省海洋规划设计研究院,浙江 杭州 310020)

摘 要:通过对浙江沿海岬角海湾沙滩多处典型剖面的调查,结果表明沙滩与淤泥质海床存在较明显的沙泥分界线,滩面物质自北至南,粒径差别不大,中值粒径在 0.15~0.25 mm 之间,滩面基本呈现单一坡度,坡度为 1:15~1:30,沙滩坡度与波浪动力相关,沙滩前沿波浪动力强,滩面较缓,反之滩面较陡。沙滩退化表现为滩面的截断、粗化和泥化,滩面截断导致沙滩面积减少,中、细沙供给不足;细沙采挖或局部工程导致的沿岸输沙动力条件的改变会使滩面物质变粗;岬湾的水动力条件减弱,易使沙泥分界线抬升,局部泥化;过度挖沙会导致沙滩消失成为泥滩。

关键词:岬湾沙滩;剖面;挖沙;退化

中图分类号: P736

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2016.04.001

砂质海岸按动力地貌分类大致可分为岬湾海岸、沙坝-泻湖型海岸和夷直型砂质海岸^[1]。岬湾海岸地貌特征为台地或山丘临海,岸线曲折,基岩岬角凸出,相邻岬角间形成小型海湾,山体风化颗粒随降雨沿山体边坡或小型河流输移至岬湾湾顶,同时少量的海湾两侧侵蚀物受水动力搬运至此,形成岬湾内堆积地貌,受波浪淘刷分选形成沙滩,一般形成对称弧形或不规则弧形,成为独立的地貌单元^[2]。浙江沿海沙滩均发育在岬角拥护的小海湾中,大陆海岸线中砂质海岸约 25 km,仅占大陆岸线的 1.15%^[3],海岛砂质海岸线约 73 km,占海岛岸线的 1.61%^[4]。砂质海滩的长度较小,一般仅为数十至数百米,沙滩以外海域为细颗粒泥沙组成平坦的海床床面,由长江入海泥沙南输和邻近大型河流输沙的不断补给堆积形成。砂质海岸的沙滩剖面变化研究已有丰富的成果,而且风浪是沙滩剖面变化的主要动力控制因子^[5-10],但对于处于淤泥质海岸带又是高含沙量海区的岬湾沙滩剖面研究少,因此,分析了浙江沿海岬湾的沙滩剖面特征和人为造成的沙滩变化,为淤泥质海床上沙滩的修复和人工沙滩的修建设计提供科学依据。

1 研究区域概况

浙江沿岸沙滩基本上分布在受河口入海泥沙直接影响较小的岸线,即浙中的象山县

^{*} 收稿日期:2016-06-27

资助项目:国家自然科学基金项目——波流联合作用下淤泥质潮滩泥沙运动过程研究(41406101);浙江省科技计划项目——复式海岸沙滩修复研究(2015F50011)

作者简介:黄世昌(1966-),男,教授级高工,主要从事河口海岸工程方面研究。E-mail:chenxison@163.com

(陈 靖 编辑)

东海岸和浙南的苍南县海岸,前者处于椒江口以北,后者则在鳌江口以南,两地的砂质岸线占比为 85%,海岛沙滩主要分布在浙北舟山群岛,浙中的洞头和玉环岛屿也分布少量沙滩。浙江沿海潮属于正规半日潮海区,舟山海域嵊泗大潮平均潮差 3.3 m,象山海域大潮平均潮差为 3.7 m^[11],苍南海域平均潮差为 5.2 m;沿海冬季盛行西北至东北风,夏季盛行南至东南风,年平均风速 3~5 m/s^[12]。舟山调查的沙滩和苍南、象山 2 处沙滩海域开敞,受外海混合浪作用,象山的下沙和大岙沙滩海域受岛屿阻挡,波浪相对较弱,外海涌浪仍能传入。波浪特征值采用多年平均 $H_{1/10}$,象山下沙和大岙沙滩依据沙滩前沿实测波浪资料,年均波高 0.15 m,象山松兰山与皇城沙滩采用沙滩前沿海域松兰山波浪站实测资料,年均波高 0.5 m,苍南渔寮沙滩采用邻近琵琶门长期波浪资料,年均波高 0.7 m,舟山朱家尖、南长涂、基湖沙滩由于缺少近岸波高资料,采用嵊山波浪站资料,沙滩垂直方向波高分别为 1.0、1.2 和 1.4 m。

2 数据与方法

2015-11-10-12-01 调查测量了舟山嵊泗海域 2 处沙滩和朱家尖 1 处沙滩,象山东海岸 4 处沙滩,苍南 1 处沙滩,并调访 5 处受损沙滩,沙滩分布见图 1。利用网络 RTK 三维水深测量方法按 1:1 000 比例尺进行断面测量,测点间距设定为 8 m,直接采用 CSCS2000 大地坐标,并在测区附近的已知水准点上进行比较检核。作业之前根据当地潮汐时刻表,在高平潮时刻采集水下断面数据,低平潮时刻附近利用网络 RTK 人工采集断面数据,从而保证断面数据的完整性。

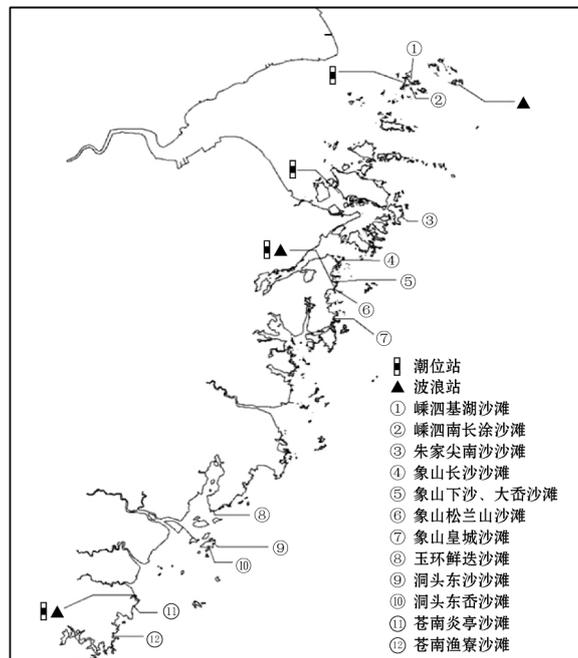


图 1 沙滩及水文测站位置示意图

Fig. 1 A sketch map of the locations of beaches and hydrographic stations

在各沙滩进行典型断面底质取样,采用抓斗式采样器,每个断面平均的采样点 3~5 个,取样位置见图 2。然后在实验室对底质样品进行处理,先加入 0.5 mol/L 的六偏磷酸钠溶液浸泡 24 h,并每隔 8 h 搅拌一次,使底质样品充分分散,最后采用 MasTerSizer 2000 激光粒度仪进行颗粒分析,得到滩面物质的粒径级配和粒度参数,沙滩粒径分布见表 1。

表 1 主要沙滩的滩面物质粒度特征

Table 1 Shape parameters and dynamic conditions of the investigated beaches

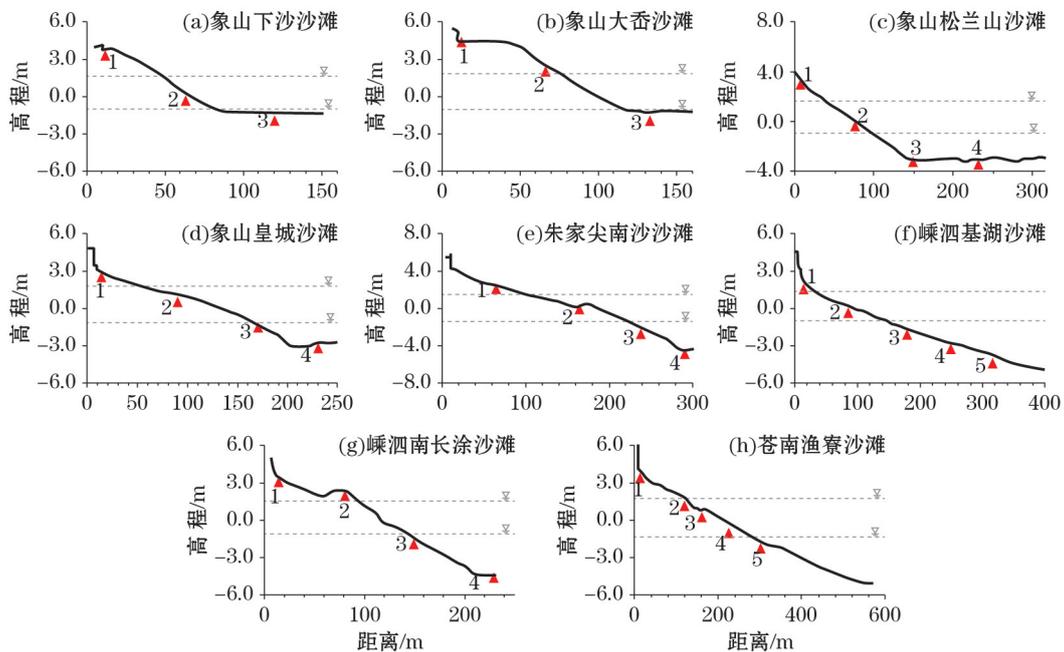
沙滩名称	采样点位置	各粒级质量分数/%			粒度特征值		
		砂	粉砂	黏土	中值粒径/mm	分选系数	偏态
象山下沙	潮上带	100.0	0	0	0.351(0.244)	0.75	-0.02
	潮间带	78.4	18.2	3.4	0.162(0.216)	1.69	-0.47
	沙滩外泥面	6.6	70.9	22.5	0.013	2.36	0.08
象山大岙	潮上带	99.3	0.7	0	0.359(0.165)	0.78	-0.03
	潮间带	100.0	0	0	0.210(0.167)	0.62	0.18
	沙滩外泥面	24.3	63.5	12.2	0.023	2.07	-0.07
象山松兰山	潮上带	100.0	0	0	0.241	0.61	0
	潮间带	99.9	0.1	0	0.187	0.58	0.09
	潮下带	99.9	0.1	0	0.178	0.57	0.02
	沙滩外泥面	2.2	63.8	34.0	0.006	1.55	-0.10
象山皇城	潮上带	99.9	0.1	0	0.175	0.46	-0.03
	潮间带	99.9	0.1	0	0.202	0.66	0.12
	潮下带	99.9	0.1	0	0.180	0.56	0.01
	沙滩外泥面	4.5	66.5	29.0	0.008	1.80	-0.06
苍南渔寮	潮上带	99.9	0.1	0	0.165	0.57	-0.14
	潮间带	99.9	0.1	0	0.192	0.73	0.07
	潮下带	99.0	1.0	0	0.152	0.81	0.05
朱家尖南沙	潮上带	100.0	0.0	0.0	0.259	0.62	-0.05
	潮间带	100.0	0	0	0.209	0.61	0.20
	潮下带	97.4	1.8	0.8	0.240	0.62	0.04
嵎泗基湖	沙滩外泥面	1.0	65.9	33.1	0.006	1.58	-0.10
	潮上带	100.0	0	0	0.285	0.61	0.17
	潮间带	99.9	0.1	0	0.214	0.88	0.12
嵎泗南长涂	潮下带	99.9	0.1	0	0.164	0.68	0.03
	潮上带	100.0	0	0	0.254	0.62	-0.02
	潮下带	100.0	0	0	0.251	0.86	0.20
	沙滩外泥面	1.3	72.2	26.5	0.008	1.58	-0.16

注:下沙和大岙沙滩括号内的中值粒径为沙滩修复前粒径

3 海滩形态

3.1 滩面坡度

浙江沿海岬湾沙滩的宽度普遍小于 200 m,规模最大的苍南渔寮和嵊泗基湖沙滩宽度达到 400 m。沙滩基本呈现单一坡度,少数沙滩的局部地段存在带平台的复式斜坡和折坡,滩面坡度主要为 1:15~1:30,少数约为 1:50,远大于浙江沿海淤泥质潮滩 1:1 000 的坡度^[13],见图 2。波浪作用是岸滩剖面塑造的主要影响因素,统计沙滩坡度与波浪的关系(表 1),对于大部分粒径基本相近的沙滩,滩面的坡度与滩前来波条件关系较大,滩前波高越大,滩面坡度越缓,波高越小,滩面坡度越陡,象山东海岸的四处沙滩、朱家尖沙滩、嵊泗基湖沙滩和渔寮南沙滩的粒径基本相近,滩面平均中值粒径为 0.18~0.23 mm,象山东海岸下沙与大岙沙滩滩前海域受岛屿阻挡波高较小,实测平均波高($H_{1/10}$)仅 0.10 m,滩面坡度基本为 1:15;松兰山和皇城沙滩滩前波浪则可达 0.5 m,滩面坡度为 1:20;苍南渔寮沙滩波高达 0.7 m,滩面坡度约 1:60;从波浪的传播看,嵊泗基湖沙滩前沿波浪要大于朱家尖南沙沙滩,前者滩面坡度为 1:50,后者为 1:30。近岸波浪决定了泥沙悬沙的动力,沿海沙滩的野外观测显示岸滩具有较陡的坡度时,波浪动力较弱也能够维护沙滩特性,如象山下沙和大岙两处沙滩,虽然波浪较弱,波浪接近滩面时发生破碎,波前锋形成一小而陡的破碎面,该处水流紊动强烈,极易使细颗粒泥沙悬浮,粗颗粒泥滞留滩面,沙滩没有出现泥化现象。



注:图中水位为平均大潮高潮位和平均大潮低潮位

图 2 沙滩剖面形态

Fig. 2 Forms of the investigated beach profiles

表 2 调查沙滩的形态参数与动力条件(m)

Table 2 The grain size characteristics of the surface material of the main beaches(m)

沙滩名称	大潮平均 高潮位	大潮平均 低潮位	沙滩顶高程	滩脚处泥面 高程	沙滩宽度	沙滩坡度	滩前 $H_{1/10}$ 波高
嵊泗基湖	1.95	-1.38	3.0	-5.0	400	1/50	1.4
嵊泗南长涂	1.95	-1.38	2.5	-4.5	130	1/19	1.2
朱家尖南沙	1.56	-1.15	4.2	-4.0	270	1/32	1.0
象山下沙	2.19	-1.50	3.6	-1.1	63	1/15	0.2
象山大岙	2.19	-1.50	4.0	-1.0	84	1/16	0.2
象山松兰山	2.19	-1.50	4.0	-3.2	140	1/20	0.5
象山皇城	2.39	-1.70	3.0	-3.0	190	1/32	0.5
苍南渔寮	2.92	-2.26	4.0	-5.0	418	1/60	0.7

3.2 沙滩的滩肩与滩脚

在调查的 13 个沙滩中,嵊泗南长涂沙滩滩面较宽阔,发育滩肩,其余均无滩肩。南长涂沙滩的滩肩处于 2.2 m 高程(假定高程基准,下同),高出大潮平均高潮位 0.25 m,滩肩宽 60 m,沙滩总宽 180 m。其余沙滩均无滩肩,坡顶高程超出大潮平均高潮位 0.5~2.6 m。

沿海沙滩处于在淤泥质海岸带,离岸一定距离的深水区往往是细颗粒泥沙,深水区床面是细泥,沙滩前沿均为淤泥质滩面或水下浅滩。海岸断面由沙滩滩面和淤泥滩面组成,沙滩坡度一般为 1:15 至 1:50,淤泥质滩面坡度约 1:1000,海岸断面的坡折点即为滩脚。沙泥分界线处于滩脚处,分界线较为清晰(图 3~图 5)。滩脚位置取决于沙滩前沿淤泥质滩面的高程,调查的 8 处沙滩中淤泥质滩面均处在平均低潮位附近及以下,大岙和下沙沙滩波浪动力弱,淤泥质滩面处于平均低潮位和平均大潮低潮位之间,松兰山与皇城沙滩波浪动力强,淤泥质滩面处于平均大潮低潮位下约 1.0 m 处,嵊泗南长涂沙滩滩脚在平均大潮低潮位下 3.0 m。



图 3 下沙沙滩的沙泥分界情况

Fig. 3 The boundary of mud and sand in Xiasha beach



图 4 玉环鲜迭海滩的沙泥分界情况

Fig. 4 The boundary of mud and sand in Xiandie beach



图 5 东沙残留滩面的沙泥分界情况

Fig. 5 The boundary of mud and sand on the residual flat surface of the Dongsha beach

4 滩面的粒度特征

沙滩滩面按潮位特征进行划分3个带:平均大潮高潮位以上为潮上带,平均大潮高潮位与平均大潮低潮位之间为潮间带;平均大潮低潮位以下为潮下带。由于沙滩与泥面相接,潮下带可取平均低潮位与淤泥质床面之间。海滩滩面沉积物中值粒径主要为0.15~0.25 mm,为细砂质,少量样品为0.25~0.50 mm,属中砂质。分选系数约为0.50~0.88,分选较好,仅象山下沙潮间带测点分选系数为1.69,估计与其铺设的沙料为外来沙有关。同一海滩断面,从上部至下部,由陆向海方向,滩面物质的中值粒径总体上渐减,表明物质由粗逐渐变细,体现了激浪的横向分选作用,粗颗粒在激浪带的上部堆积。浙江沿海自北至南,舟山海岛三处沙滩滩面中值粒径0.16~0.26 mm,象山下沙和大岙两处沙滩铺设外来沙之前,潮间带和潮上带沙滩粒径分别是0.216~0.244 mm和0.165~0.167 mm,象山松兰山与皇城沙滩的粒径0.18~0.20 mm,苍南渔寮为0.15~0.20 mm。自北至南沿海沙滩的粒径虽略变细,基本相差无几。由于浙江的沙滩均为岬湾沙滩,基本不存在沿岸输沙交换,沙滩的粒径仅与沿海丘陵的岩石特性有关。

浙江沿海的岬角沙滩泥沙来源于陆域,沙滩向海侧堆积,砂料则覆盖在淤泥之上,从象山大岙、下沙两处沙滩和玉环鲜迭沙的垂向取样看,浅层可分为砂层、砂土的混合层和淤泥层。人工沙滩来说十分明显,在淤泥滩上堆积沙料,沙与淤泥之间存在一个混合层,混合层的厚度在一定程度上影响铺沙厚度。玉环鲜迭沙滩近围堤30 m处取3个浅层样,垂线粒径变化见图6。鲜迭湾内沙滩以外海床以粉沙为主体,沙滩从以砂为主过渡到以粉沙为主的过渡层约0.5 m。

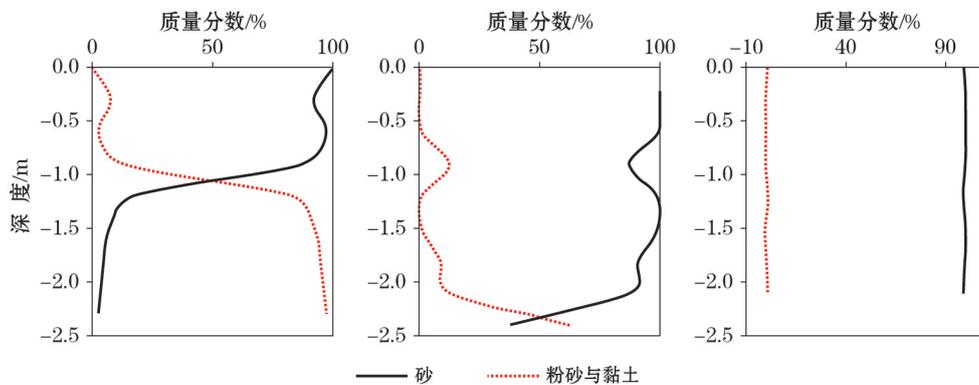


图6 鲜迭沙滩垂向分层特征

Fig. 6 The vertical stratification of the Xiandie beach

5 退化沙滩的滩面变化

浙江沿海沙滩受损退化较为普遍,大量取沙、围堤和防波堤建设等人为活动改变了沙源和水动力条件,造成沙滩萎缩退化,沙滩退化主要表现在沙滩滩面的截断、沙滩粗化和沙滩泥化等(图7~9)。



图 7 玉环鲜迭沙滩滩面现状

Fig. 7 The present status of the flat surface of the Xiandie beach



图 8 象山长沙沙滩粗化现状

Fig. 8 The present status of coarsening in the Changsha beach



图 9 洞头东沙沙滩泥化现状

Fig. 9 The present status of argillization in the Dongsha beach

5.1 岬角海湾内沙滩围堤修筑截断滩面导致沙滩宽度减少

沿岸沙滩属于岬湾内的沙滩,岬湾内常有民居或旅游设施,为保护这些区域生产和生活安全,绝大多数沙滩均建有海堤,有些建在滩肩内,有些甚至在滩面上修筑,人为阻隔了沙滩的沙源,由于潮上带的土地开发和筑堤阻断了沙的来源,沙滩缺少中细沙的供给,破坏岬角海湾内输沙的动态平衡,影响沙滩的维护。有些岬湾过度围滩导致沙滩萎缩,如玉环的鲜迭沙滩。鲜迭沙滩位于玉环县南部大麦屿街道鲜迭湾内,原宽约 450 m,分布在鲜迭湾岬内,面积较大。1997 年因修建鲜迭海堤而被一分为二,堤后方区域开发后沙滩基本消失,形成养殖区和住宅区(图 7)。堤前方区域沙滩面积已经较小,中部和东部沙滩宽度不足 20 m,滩外即为淤泥,在新的水动力环境下滩面砾石增多。

5.2 滩面的粗化

大量取沙是沙滩粗化最直接的主因,沙滩取沙减少滩面的沙量,降低滩面高程,有些沙滩取走细沙,留下大量粗颗粒砂石,使滩面粗化。泗礁岛五龙乡北侧的中令城湾原是很好的中细砂沙滩,20 世纪三四十年代上海等地到此挖沙,现高潮位附近残留砾石滩,下部为淤泥滩。洞头半屏沙滩由于人为采砂,沙滩沙层变薄,宽度变窄,沙质变粗,沙滩整体规模变小。东岙沙滩东南毗邻大海,沙滩面积约 8 000 m²,原有海滩沙细面广,光泽度好,沙层较厚,存在采砂、挖沙,导致了整个沙滩的滩面形态和沉积物类型分布相应发生了调整,沙滩沉积物粒径随之增大,沙层薄、碎石多。象山长沙沙滩由于取沙后,滩面覆盖大量砾石,完全粗化(图 8)。滩前波浪动力条件的改变也会导致滩面的粗化,苍南县炎亭沙滩滩面沉积物主要由灰黄至灰色的中粗砂组成,海滩较为宽阔,长期以来沿岸输沙处于动态平衡状态。在湾口门东侧修建了炎亭渔港二期防波堤以后,阻挡泥沙的向西搬运,西段沙滩由于波浪的淘刷作用,导致沙滩遭受侵蚀,细颗粒泥沙被带走,逐渐粗化,最后形成砾石滩。

5.3 滩面的泥质化

过度采沙是导致沙滩泥化的主要原因。本次调查中发现有些沙滩剖面泥沙,无论粗沙还是细沙,被人为取走用于建筑回填,致使沙滩变成泥滩。如大衢山东侧万良岙沙滩和象山县对面山东侧沙滩,由于人工大量挖沙,使沙滩消失,滩面物质变为粘土质粉砂,两处

滩涂目前已回填成陆^[14];象山港口道人山西侧原为细沙滩,由于过度开采,至今消失一半,中低潮位以下原有中细砂为粘土质粉砂所取代;洞头东沙由于多年来局部填海建设和沙滩开挖,沙滩已经消失殆尽(图9)。由于波浪、潮流动力条件改变导致沙滩泥化有两种状况:1)沙滩外淤泥面抬升导致滩面宽度减少,即沙与泥的分界线抬升,如东沙残留的局部边滩(图5),东沙岬湾建防波堤后,基本阻隔了外海波浪传入,港内波浪为局部风浪,5年内湾内淤积0.5~1.5 m,据当地调访,随着泥面抬升使残留的局部边滩进一步收缩;2)滩面细颗粒淤泥增多,这种现象在滩面极为平缓时才出现,如在东沙护岸平台上铺设的人工沙体,铺设一年后出现泥化,嵊泗枸杞沙滩排放管附近由于陆域排水造成局部滩面平坦,含泥量明显增多,众多退化沙滩调查中尚未发现具有一定坡度的沙滩滩面泥化的现象。

6 结论与建议

浙江沿海沙滩均为岬湾沙滩,沙滩外存在广阔的淤泥质浅滩,与纯粹的沙质海岸沙滩不同,具有特殊性。沙滩主要存在于舟山群岛、象山县东海岸和苍南海岸,沙滩中值粒径变化不大,普遍约0.20 mm,沙滩坡度约1:15~1:30,沙滩滩脚具有清晰的沙与泥分界线。沿海大量沙滩由于挖沙、围填和口外建堤等原因造成沙滩萎缩,表现为沙滩滩面粗化、泥化和沙滩滩面截断,对于滩面泥化的问题尚需进一步调查分析。对浙江岬湾沙滩剖面特征的分析研究,可为沙滩修复提供参考,促进当地海洋经济的发展。

参考文献:

- [1] 蔡锋,苏贤泽,曹惠美,等.华南沙质海滩的动力地貌分析[J].海洋学报,2005,27(2):106-114.
- [2] 王颖,朱大奎.海岸地貌学[M].北京:高等教育出版社,1994:56-126.
- [3] 浙江省海岸带和海涂资源综合调查领导小组办公室和浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告编写委员会.浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告[M].北京:海洋出版社,1988.
- [4] 夏小明.中国海岛(礁)名录[M].北京:海洋出版社,2012.
- [5] 毛龙江,张永战,魏灵,等.海南岛三亚湾海滩研究[J].第四纪研究,2006,26(3):477-484.
- [6] BENEDET L, FINKL C W, CAMPBELL T, et al. Predicting the effect of beach nourishment and cross-shore sediment variation on beach morphodynamic assessment[J]. Coastal Engineering, 2004, 51(8-9):839-861.
- [7] 季小梅,张永战,朱大奎.三亚海岸演变与人工海滩设计研究[J].第四纪研究,2007,27(5):853-860.
- [8] 吴建,拾兵.近岸补沙养护海滩研究综述[J].海洋科学,2011,35(8):108-112.
- [9] MORTON R, SAI I A. Morphological impacts of extreme storms on sandy beaches and barriers[J]. Journal of Coastal Research, 2003, 19(3):560-573.
- [10] LARSON M. Model of beach profile change under random waves[J]. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 1996, 122(4):172-181.
- [11] 中国海湾志编纂委员会.中国海湾志:第五分册(上海市和浙江省北部海湾)[M].北京:海洋出版社,1992.
- [12] 中国海湾志编纂委员会.中国海湾志:第六分册(浙江省南部海湾)[M].北京:海洋出版社,1993.
- [13] 逢自安.浙江港湾淤泥质海岸剖面若干特性[J].海洋科学,1980,12(2):9-14.

[14] 谢钦春,李全兴. 浙江省海岸侵蚀及防治概述[J]. 东海海洋,1992, 10(3):46-52.

Profile Characteristics of the Beaches Adjacent to Muddy Seabed in the Headland Bays

HUANG Shi-chang^{1,2}, YAO Wen-wei^{1,2}, LIU Xu^{1,2}, WU Chuang-shou^{1,2}

(1. Zhejiang Institute of Hydraulic & Estuary, Hangzhou 310020, China;

2. Zhejiang Institute of Marine Planning and Design, Hangzhou 310020, China)

Abstract: The investigations of typical beach profiles in the headland bays along the Zhejiang coast show that a clear boundary of sand and mud is present between beach and muddy seabed. The surface material of the beaches shows little change in grain size from north to south, with a medium diameter ranging between 0.15 and 0.25mm. The beach face shows a single slope, ranging from 1 : 15 to 1 : 30. The slope of the beaches is related to the wave power. If the wave is strong in the front of the beaches, the beach face is gentle, and otherwise, it is steep. The degradation of the beaches is reflected by truncating, coarsening and argillization. The truncation of the beaches causes the decrease of beach area and the undersupply of middle and fine sands. The digging of fine sand or the local coastal engineering which causes the change in dynamic conditions of sediment transport can lead to the coarsening of the beach surface. The weakening of the hydrodynamic conditions in the headland bays can easily make the sand-mud boundary line uplifting and cause local argillization. The excessively digging of sands can cause the beaches to disappear and become mud flats.

Key words: Headland bay beach; profile; sand digging; degradation