

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2020.04.011

朱家尖南沙海滩剖面变化特征与泥沙输运

董超,周宇渤,张朋,徐喆,王圣民,胡凯翔

(浙江省水文地质工程地质大队,浙江 宁波 315000)

摘要:在对朱家尖岛南沙海滩的沉积环境、动力条件、地形地貌进行调查与监测的基础上,利用不同的波能流公式对海岸的沿岸泥沙运动进行计算与分析。结果表明:该海滩沉积物以沙为主,物质来源主要是邻近的海岸基岩风化侵蚀产物;受海岸波浪、潮汐、潮流等动力条件和沉积环境综合作用的影响,海滩剖面地形的季节性变化明显:夏季侵蚀、冬季淤积;海滩东侧侵蚀、西部淤积的年际变化特点与沿岸输沙密切相关;沿岸输沙计算结果显示各岸段沿岸净输沙量平均值介于 $43.85\times 10^3\sim 172.77\times 10^3\text{ m}^3/\text{a}$;自东向西的沿岸输沙主要由ESE、SE向的入射波所致,自南向北的沿岸输沙由S向入射波所致,在不考虑人类活动对海滩影响的情况下,沿岸输沙在海滩长期的演化过程中起到了关键作用。

关键词:朱家尖南沙海滩;沉积环境;沿岸流;海滩剖面变化;沿岸输沙;蚀淤

中图分类号:P737.14 文献标志码:A 文章编号:1000-1980(2020)04-0359-08

Profile variation characteristics and sediment transport of Nansha beach in Zhujiajian

DONG Chao, ZHOU Yubo, ZHANG Peng, XU Zhe, WANG Shengmin, HU Kaixiang
(Zhejiang Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Ningbo 315000, China)

Abstract: Based on the investigation and monitoring of sedimentary environment, dynamic conditions and topography of the Nansha beach in Zhujiajian, the longshore sediment transport is calculated and analyzed by using different wave energy flow methods. The results show that the main type of beach sediments is sand, and the depositional substance is mostly from efflorescent rock. Affected by waves, tides, tidal currents and sedimentary environment, the seasonal variation of beach profile is obvious, which is the erosion in summer and the deposition in winter. The characteristic that is erosion in the east and deposition in the west is closely related to the coastal sediment transport. The calculation results of longshore sediment transports show that the net volume of sediment transport is between $43.85\times 10^3\text{ m}^3/\text{a}$ and $172.77\times 10^3\text{ m}^3/\text{a}$. The direction of longshore sediment transport from east to west is mainly caused by ESE and SE incident waves, and the direction from south to north is caused by S incident waves. Without considering the impact of human activities on the beach, the longshore sediment transport plays a key role in the long-term evolution.

Key words: Nansha beach in Zhujiajian; sedimentary environment; longshore current; profile variation of beach; longshore sediment transport; erosion and deposition

岬湾沙质海岸的维持、发展和演化是沿岸泥沙供给、输运与区域波浪动力条件长期相适应的结果,其中沿岸输沙是引起沙质海岸泥沙动态变化、海岸演变的重要因素,在岸线的长期演化进程中起着控制作用。关于沿岸输沙的获取通常有现场调查和计算公式2种方法,现场调查是沿岸输沙研究的基础,但往往受到实际

基金项目:浙江省省级地勘单位产业结构调整专项资金项目([浙地勘]2018-H-3)
作者简介:董超(1985—),男,工程师,硕士,主要从事河口海岸沉积动力和地质环境应用研究。E-mail:315060923@qq.com
引用本文:董超,周宇渤,张朋,等.朱家尖南沙海滩剖面变化特征与泥沙输运[J].河海大学学报(自然科学版),2020,48(4):359-366.
DONG Chao, ZHOU Yubo, ZHANG Peng, et al. Profile variation characteristics and sediment transport of Nansha beach in Zhujiajian [J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2020, 48(4):359-366.

复杂条件的限制,计算公式方法应用更为普遍^[1],在国内外海岸工程、泥沙研究中得到广泛验证。郭雅琼等^[2]采用公式计算的方法对广西万尾岛金滩的沿岸输沙进行计算,探讨了岬弯沙质岸滩稳定性与泥沙运动周期性变化的关系;童朝锋等^[3]利用3种不同的沿岸输沙计算公式,探讨了海南岛西南岸沿岸输沙特性与近岸工程建设的相互影响。综合波浪动力条件和泥沙沿岸输运研究对于深入了解此类海岸地貌环境具有重要学术价值,同时对于防治岬弯沙质海岸侵蚀可以起到重要的指导作用。

位于舟山朱家尖岛东南海岸的南沙海滩,沙滩质地优越,海滩平缓开阔,属于典型的岬弯沙质海岸地貌,自20世纪80年代就已有相关学者对海岸沉积环境、海滩分布与成因、物质来源等方面开展过相关研究。陈洪德等^[4]对朱家尖岛的现代海岸沉积环境进行了研究,对岛屿的现代海岸所处的水动力环境、沉积物物质组成和来源、沉积物分布和参数特征都分别进行了不同程度的探讨和分析;王爱军等^[5]通过海滩剖面采样分析,讨论了砾石滩沉积物分布及其粒度参数特征,通过对砾石起动流速和轨迹的计算,分析了海滩稳定情况;金永福等^[6]探讨了崎头洋海沙开采后对朱家尖沿岸沙滩的影响程度,研究结果表明,崎头洋海沙开采流场影响范围仅限于采沙区,采沙不会对朱家尖沿岸沙滩沙量产生影响;张朝阳等^[7]通过对朱家尖岛以东海域58个表层沉积物样品及4个柱状样品分析,研究该海域海底沉积物的粒度特征;程林等^[8]对东沙海滩沉积与地貌动态变化进行研究与分析,认为海滩地貌呈现季节性调整,水动力(波浪、潮汐)、沉积物来源和人类活动是影响东沙海滩发育演变的主要因素。上述成果一般观测空间尺度大、时间尺度短,未能对沙质海滩季节性和年际变化趋势及原因给出较好的结论及解释;此外,目前还未见有朱家尖南部沙质海岸沿岸输沙计算和分析的相关学术研究。本文基于小尺度观测周期的海滩剖面数据成果,通过中长期波浪观测资料,利用不同的波能流公式计算方法对朱家尖南沙海滩的沿岸输沙进行计算分析,总结该海滩剖面在观测周期内的变化特征和泥沙运动规律,探讨沿岸输沙在海滩长期演变过程中的重要作用,旨在为今后海滩旅游资源开发和持续利用、海岸环境的管理提供支撑和参考。

1 区域沉积环境与水文动力条件

1.1 区域概况

研究区南沙海滩位于舟山朱家尖岛东南狼弯海域,周围低山环绕,属岬弯沙质海滩,海滩长度约1.25 km,海岸呈近东西走向。根据海滩岸线走向,布设了6条测量剖面(图1),2012—2015年分别沿布设的海滩剖面进行了地形测量与采样工作。

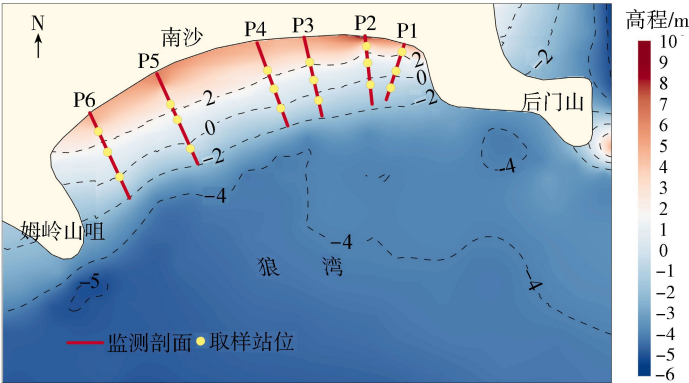


图1 研究区位置和剖面布设

Fig.1 Research area and profile stations

滩面高程数据的获取采用GPS-RTK的测量方法,测量时间分别为2012年8月、11月,2013年3月、8月、10月和11月,2014年8月以及2015年7月。测量的数据输出并经处理后,将不同期的同名曲线一一进行对比研究,以便了解区域海滩地形地貌变化。2012年8月沿布设的海滩剖面由岸向海进行了海滩沉积物取样,2013年在研究区海域开展了底质沉积物取样。室内沉积物样品分析采用筛分和激光粒度仪测试2种方法;沉积物分类采用幅克沉积物三角图分类^[9]。

1.2 区域沉积环境特征

研究区海滩沉积物样品主要为沙和含砾沙,其中以沙为主,占有样品的67%,含砾沙占33%。含砾沙

又以具有较高的沙组分为特征,多数样品占 95% 以上,多分布在海滩的中部偏西南区域(图 2);据前人研究^[2],朱家尖东岸海滩沉积物矿物组分中以石英、长石等陆源碎屑矿物为主,其中石英质量分数高达 77% ~ 82%,矿物成熟度较高,这些矿物理化性质较为稳定,因此,研究区海滩泥沙多来源于邻近地带;考虑到区域附近没有入海河流,因此沙滩物质不可能是河流来沙。该海域是典型的基岩岬湾海岸,组成海滩粗粒物质多来自邻近基岩岬角侵蚀,基岩山体破碎的产物,部分可能是内陆架沉积物在沿岸流的作用下搬运而来。

海底沉积物类型主要为黏土质粉沙、粉沙和中细沙,中值粒径介于 0.005 ~ 0.447 mm 之间,中值粒径由近岸向外海呈逐渐增大趋势,近岸变化较剧烈,外海变化不大(图 3)。

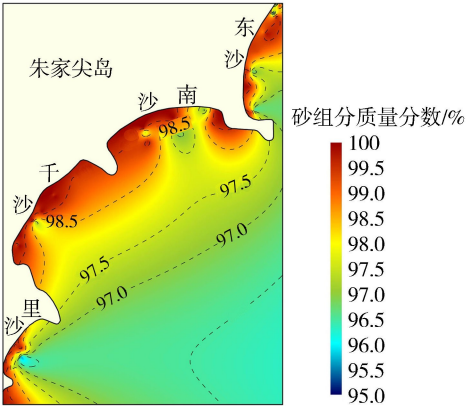


图 2 海滩沉积物沙含量分布

Fig.2 Distribution of percent content of sand in beach sediments

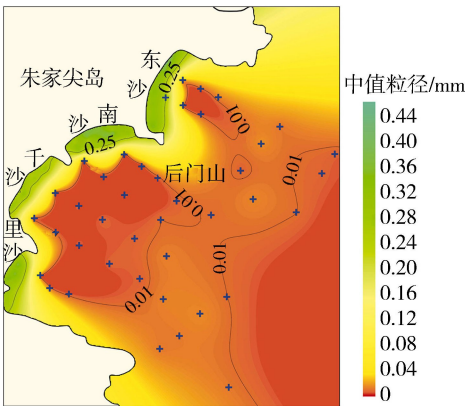


图 3 海底沉积物中值粒径等值线分布

Fig.3 Distribution of medium diameter in bottom sediments

1.3 水文动力与泥沙条件

1.3.1 波浪特征

据朱家尖波浪观测站 1959—1964 年资料,区域以风浪为主,平均波高 0.5 m,波周期 3.6 s,历史最大波高 4.2 m,波向为 E(出现时间为 8 月);各月平均波高 0.3 ~ 0.6 m;各月平均波周期 2.8 ~ 4.5 s;波高季节变化:大浪集中于 7—9 月;常波向及频率:N(14.2%)、NE(17.9%)、SE(10.3%)。

鉴于朱家尖观测结果缺少必要的观测要素,同时引用嵎山海域波浪观测站长年观测数据,该站靠近外海,波浪要素受地形等环境条件的影响小。经统计,与本区域的平均波高线性相关系数为 0.57,最大波高的相关系数为 0.73,均呈较显著相关趋势,能够较好地反映研究区深水波浪环境。因此,在对研究区海域动力条件和泥沙输运等的分析、计算时采用嵎山海域的波浪统计结果作为深水波浪要素输入,以此推算研究区近岸海域波浪破碎时的浅水波要素。波浪特征表现为:频率以 N 向最大,为 18.51%;S 向次之,为 12.87%;其他波向出现较多的有 NNE 向、NE 向;该海域常浪向为 N ~ NE、S 向。海域平均波高介于 0.97 ~ 1.32 m 之间,最大波高分布介于 1.4 ~ 3.8 m 之间。

1.3.2 沿岸流

波浪斜向入射至海岸,由于会发生折射现象,波峰线未达到与岸线平行前,波浪发生破碎,破碎后在破波带内会产生一股平行岸线的沿岸流,沿岸流是破波带内泥沙起动和输运的主要动力,对于研究海岸演变有重大意义^[10]。关于破波带沿岸流流速强度的获取目前一方面通过半定量的解析公式计算,另一方面主要通过建立近岸波流模型模拟沿岸流场结构^[11-12];本文采用解析计算方法,利用 Longuet-Higgins 沿岸流计算公式^[13],获得了各剖面不同波向波浪入射破碎后的沿岸流速(表 1)。计算结果表明,研究区沿岸流介于 0.88 ~ 1.23 m/s 之间,沿岸流强度与破波角波高、海滩坡度等有关,在

表 1 研究区沿岸流速计算结果

Table 1 Calculation result of longshore current velocity in the study area

波向	沿岸流速/(m·s ⁻¹)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENE					2.09	2.36
E			1.42	2.05	1.78	1.93
ESE	1.48	1.65	1.23	1.74	1.26	1.27
SE	1.27	1.32	0.91	1.26	0.62	0.49
SSE	0.85	0.76	0.43	0.55	0.13	0.38
S	0.37	0.16	0.07	0.20	0.84	1.18
SSW	0.18	0.50	0.59	0.97	1.52	1.91
SW	0.64	0.97	0.92	1.41	1.76	2.12
WSW	0.95	1.27	1.11	1.65		
W	1.30	1.61				
平均值	0.88	1.03	0.75	1.11	1.02	1.23

破波点达到最大,向岸随着水深减小,其强度减弱。

1.3.3 波流作用下的泥沙起动

沙质海滩演变过程中沿岸流驱动下的泥沙输运起到重要作用,而泥沙搬运的先决条件是沿岸流作用下泥沙的起动问题。本次利用曹祖德等^[14]从边界层理论得出的波、流共存时的泥沙起动公式(式(1)),计算了研究区海滩各断面上泥沙的临界起动流速。

$$u_e = \begin{cases} 0.173d^{-0.04} & d < 0.217 \text{ mm} \\ 16.425d^{0.5} & d \geq 0.217 \text{ mm} \end{cases} \tag{1}$$

式中: u_e ——泥沙临界起动流速,m/s; d ——泥沙粒径,mm。

本区域沉积物颗粒较粗,海岸沙滩泥沙中值粒径介于0.309~0.386 mm之间,一般以单颗粒泥沙起动为主,采用式(1)计算的泥沙临界起动流速最大值为0.20 m/s(表2),表明这一区域波浪破碎后掀起的泥沙可以比较容易被起动,随沿岸流进行输运,其主要动能来自波浪破碎后产生的辐射应力,随着波能的减弱,泥沙在岬角处落淤堆积。

2 海滩剖面变化特征

2.1 季节变化

研究区岸滩总体坡度较平缓,沙滩宽度介于140~210 m之间,高潮时水位线最高可达4.1 m(1985 国家高程基准,下同),平均高程约3.5 m,低潮水位线高程介于-1~0 m之间;剖面形态由岸向海平缓过渡,除个别剖面外,一般呈现略微下凹的斜坡形。

从不同季节显示的剖面变化(图4)来看,研究区海滩呈现夏季冲刷和冬季淤积的趋势,这与区域波浪随季节变化造成的海岸动力条件有关;春季至夏季(3—8月)海滩各剖面淤积微弱,均以侵蚀状态为主;由于所处的位置差异,不同剖面的侵蚀变化量主峰位置也有所差异,其中P1、P2、P3、P4号剖面位于离岸大约30~70 m的位置,P5、P6号剖面位于离岸120~130 m的位置;海滩各剖面最大侵蚀量可达89 cm左右,出现于P3号剖面;各海滩剖面平均变化量介于-0.47~0.18 m之间,平均变化程度最小的出现在P2号剖面,最大出现在P3号剖面;3—8月是区域波浪、潮汐和潮流最活跃的时期,同时叠加了台风所造成的风暴浪作用,区域

表2 研究区泥沙临界起动流速计算结果
Table 2 Calculation result of sediments critical starting velocity in the study area

剖面	泥沙中值粒径/mm	泥沙临界起动流速/(m·s ⁻¹)
P1	0.312	0.16
P2	0.309	0.16
P3	0.386	0.20
P4	0.367	0.19
P5	0.345	0.18
P6	0.320	0.17

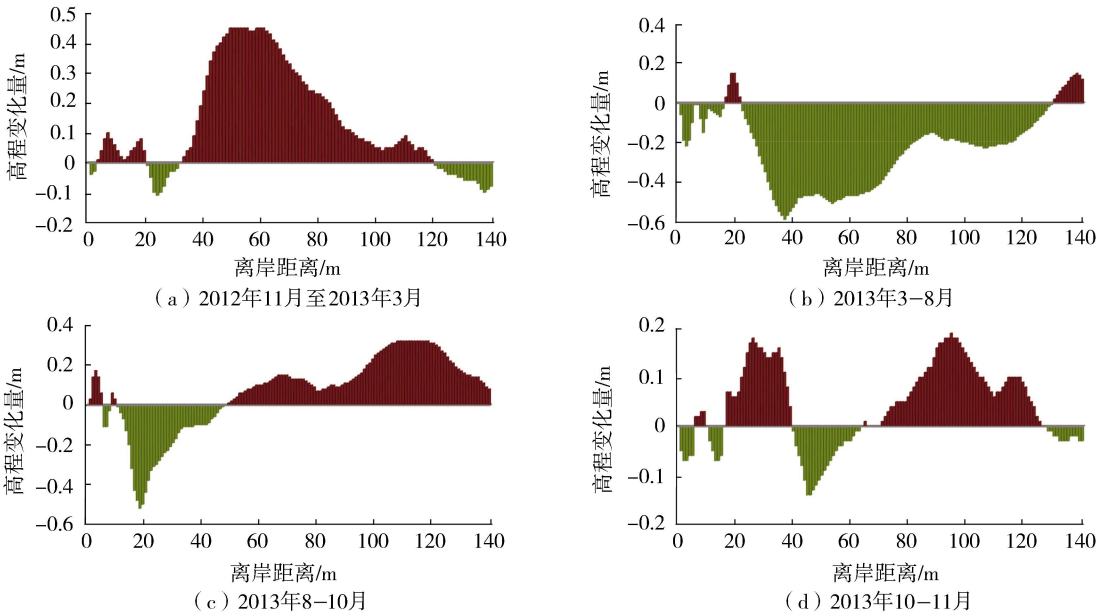


图4 观测周期内南沙海滩剖面P1的季节性变化(红色代表淤积,绿色代表侵蚀)
Fig.4 Seasonal variation of Nansha beach profile P1 during the observation period (red is deposition and green is erosion)

盛行的东南风一定程度上加强了偏 S 向波浪的入射,泥沙大范围起动,海滩滩面被强烈侵蚀。夏季至秋季(8—10 月)海滩各剖面表现为上部侵蚀为主,下部淤积,淤积量和侵蚀量呈持平状态;各剖面中最大侵蚀量 60 cm 左右,出现于 P2 号剖面,最大淤积量出现在 P5 号剖面,淤积量 47 cm;各海滩剖面平均变化量介于 -0.05 ~ 0.15 m 之间;整体来看,8—10 月区域动力环境较上一阶段有所减弱,剖面上主要表现为上部泥沙在回流的作用下做向海横向输沙运动,并在剖面下部发生堆积。秋季至冬季(10—11 月),海滩各剖面表现为进入冬季的修复期,除个别剖面外,海滩表现为上部弱侵蚀,其中侵蚀量均小于 35 cm;各剖面淤积最大量为 28 cm,出现在 P4 号剖面;各海滩剖面平均变化量介于 0.02 ~ 0.12 m 之间,平均变化程度最小的出现在 P3 号剖面,最大的出现在 P4 号剖面,平均变化量显示了各剖面均是淤积量大于侵蚀量,而且淤积量较小,海滩呈稳定、微淤积趋势。10—11 月波浪传播至海滩前滨破碎后形成上冲流携带的泥沙做向岸的输运,随着流速减弱,泥沙沿剖面发生堆积。

总体分析,潮汐和波浪等是影响南沙海滩地形季节性变化和调整的主要动力因素,尤其是破波带内波浪掀动的泥沙,在沿岸流的作用下进行输送。此外,本海域潮差较大,潮汐作用较强,潮汐水位升降影响到波流对滩面的扰动范围。另外,组成海滩的沉积物,一方面反映了海滩的物质来源,在不断调节与塑造着海滩地形和坡度环境同时又在一定程度上对入射波能起着缓冲调节作用,进而使海滩剖面的形状和滩面动力地貌格局发生变化。

2.2 年际变化

南沙海滩 2012—2015 年的变化结果显示,海滩 P1 ~ P4 号剖面所处的位置均以侵蚀状态为主,侵蚀幅度介于 9 ~ 26 cm 之间,其中 P1 号剖面位置侵蚀幅度最大;P5 和 P6 号剖面呈淤积状态,淤积幅度介于 5 ~ 19 cm 之间,其中 P6 号剖面淤积幅度最大;从蚀淤变化分布的平面图来看,海滩大致以中部为界,东侧呈整体侵蚀,西部呈整体淤积,并且有自东向西侵蚀量逐渐减弱、淤积量逐渐加强的趋势,这与泥沙自北、东北向西、西南方向运动密切相关,波浪近岸掀沙、沿岸流输沙是泥沙运动变化的重要因素。

3 沿岸输沙

3.1 沿岸输沙量计算

沙质海岸沿岸输沙主要发生在破波带内,其主要动力是波浪及其破波产生的沿岸流。波浪斜向入射时发生破碎,产生剧烈扰动,掀起大量泥沙,同时,斜向波破碎引起的沿岸流提供了沿岸搬运泥沙的动力,因此沙质海岸的沿岸输沙是引起岸滩演化的重要因素。沿岸输沙的公式较多,其中波能流法是以大量的现场资料为依据将沿岸输沙量与作用在海岸上的波功率联系起来应用较为广泛^[15-16]。为保证计算结果的准确性,采用美国 *Shore protection manual* 推荐的计算方法^[17](CERC 公式)和 JTS 145—2015《港口与航道水文规范》^[18]沙质海岸沿岸输沙率计算公式共同对研究区沿岸输沙进行计算,提高了沿岸输沙量计算结果的可靠性。二者公式中同时考虑了波浪破碎后在破波带内波能对泥沙运动的重要贡献,区别在于 JTS 145—2015《港口与航道水文规范》综合考虑了波能、深水波陡以及泥沙粒径参数的影响,能够更好地反映海滩泥沙运动的实际情况,从计算结果来看,CERC 公式计算的沿岸输沙量稍微偏大,这与前人的研究成果一致。

3.1.1 主要参数计算与选取

外海波浪传入滨海区后,受到海底地形、地貌、水深变浅,以及沿岸岛屿、建筑物等影响,会发生破碎、变形、折射、绕射等;沿岸输沙计算关键参数就是波浪在近岸区变形破碎后的波浪要素计算,包括波浪破碎后的波高、破波角度等。破波角度采用科赫(Koh)给出的公式计算。波浪破碎后的波高采用 JTS 145—2015《港口与航道水文规范》中推荐的公式计算,结果见表 3。

3.1.2 沿岸输沙计算结果

沿岸输沙计算与冲淤动态分析需要对海岸进行划分,本次计算利用所布设 6 个剖面 P1 ~ P6,将岸段自北向南划分为 7 个岸段,分别命名为 I ~ VII,在每个断面处将计算的各入射波的相关参数代入沿岸输沙公式中进行计算,得到通过各个剖面的沿岸输沙率,同时规定泥沙的南向运动为正,北向运动为负,最终可以得到各波向、各岸段的沿岸泥沙净输运。

造成海岸泥沙运动的主要入射波浪集中在 ESE ~ SW 这个范围内,其中正向输沙最多的来自 ESE 方向(沿岸输沙量高于 $300 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{a}$),其次是 SE 向和 SSE 向;负向输沙最多的来自 S 方向(沿岸输沙量高于 $100 \times$

表3 研究区破波波高计算结果

Table 3 Calculation result of breaking wave height in the study area

剖面	破波波高/m												
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W
P1						0.68	0.68	0.67	0.64	0.68	0.6	0.54	0.58
P2						0.68	0.68	0.67	0.64	0.68	0.6	0.54	0.58
P3		0.73	0.7	0.7	0.68	0.68	0.68	0.67	0.64	0.68	0.6	0.54	
P4		0.73	0.7	0.7	0.68	0.68	0.68	0.67	0.64	0.68	0.6	0.54	
P5	0.71	0.73	0.7	0.7	0.68	0.68	0.68	0.67	0.64	0.68	0.6		
P6	0.71	0.73	0.7	0.7	0.68	0.68	0.68	0.67	0.64	0.68	0.6		

10³m³/a),其次是SSW向和SW向。研究区北侧为陆域腹地,区域常浪向N~NE没有造成明显的沿岸输沙,对研究区的泥沙运动影响较小。

3.2 沿岸输沙对海滩蚀淤动态的影响

沙质海岸近岸带是泥沙活跃地区,泥沙运动对近岸区的生产和生活有重要影响,泥沙的运动和流失将会对滨海浴场造成不可逆转的负面效应。沿岸输沙量的变化能够引起岸线各段冲淤,从而促使岸线淤涨和侵蚀。

计算结果表明,从I号岸段开始,海岸泥沙被侵蚀过P1剖面后带到下游的II号岸段,净侵蚀量为156.10×10³m³;过P2剖面后泥沙减少到103.68×10³m³,说明在II号岸段发生了泥沙的少量堆积,净淤积量为52.42×10³m³;之后泥沙继续向西侧输运,过P3剖面后泥沙增加到141.23×10³m³,因此III号岸段为明显的泥沙输出段,呈侵蚀趋势,净侵蚀量为37.55×10³m³;过P4剖面的泥沙量迅速增加到172.77×10³m³,上游来沙不足以补充此处的输沙量,IV号岸段发生明显的侵蚀,呈泥沙净流出段,净侵蚀量为31.54×10³m³;过P5剖面的泥沙量迅速减少到72.23×10³m³,说明上游岸段发生明显的淤积,泥沙呈净输入,净淤积量为100.54×10³m³;过P6剖面的泥沙继续减少到43.85×10³m³,因此VI号岸段为微弱淤积岸段,净淤积量为28.38×10³m³;过P6剖面后泥沙继续向下游输运,在下游岬角发生堆积。在沿岸泥沙的作用下,研究区海岸呈现上游处明显侵蚀状态,下游岬角处则是明显堆积现象。由于波浪和泥沙复杂的发生和运动机制,导致与海滩监测剖面测量结果有一定的出入,但整体上仍然能够反映海滩泥沙运移的基本趋势,在不考虑人类活动对海滩影响的情况下,沿岸输沙对海滩蚀淤动态起到了关键作用。据1984年和2012年的海图水深测量资料显示(图5),研究区0m线常年呈西侧向海淤涨,而上游东侧区域有向岸方向蚀退的演化趋势,与海岸泥沙的净输运有密切联系。

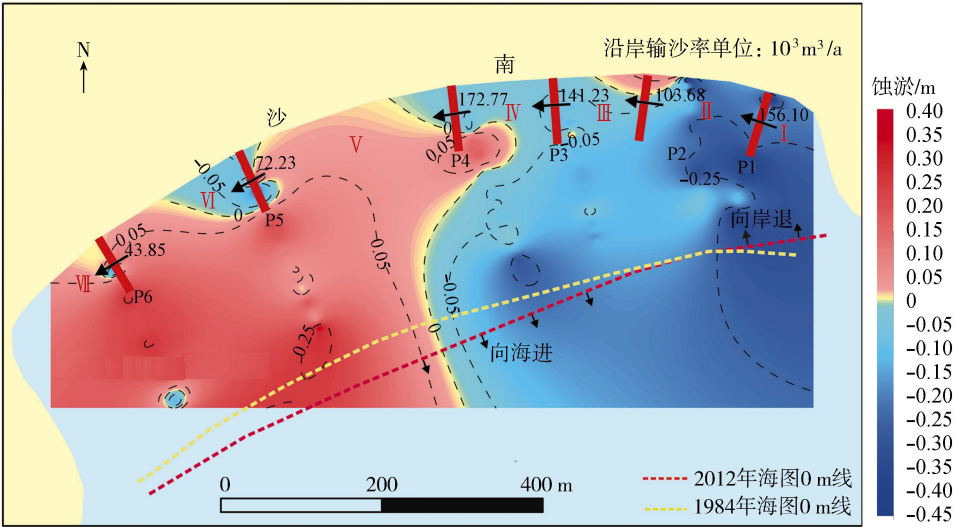


图5 南沙海滩2012—2015年夏季观测期年际蚀淤变化

Fig.5 Interannual changes of erosion and deposition in Nansha beach during summer observation period from 2012 to 2015

4 结 论

- a. 研究区海岸沉积环境特征主要表现为海滩沉积物主要为沙和含砾沙,海域中沉积物类型为黏土质粉沙、粉沙和中细沙;沉积物粒度参数中值粒径由近岸向外海呈逐渐增大趋势;海滩的沉积物组分和粒度分布特征指示了海滩泥沙为强动力水环境下的近源沉积,邻近海岸的基岩侵蚀来沙是沉积物的重要物质来源。
- b. 研究区海滩受到波流等动力条件和沉积物分异格局的共同作用,海滩剖面各季节不断重塑和调整,剖面季节变化特征一般表现如下:春季的缓慢侵蚀;夏季为快速侵蚀阶段;秋冬季海滩动力条件发生改变,侵蚀程度减小,呈快速淤积,尤其是波浪对海滩泥沙的扰动减弱,海滩得到修复。
- c. 研究区海滩冲淤特征表现为以中部为界,东侧呈整体侵蚀,西部呈整体淤积,并且有自东向西侵蚀量逐渐减少而淤积量逐渐增加的趋势,这是波浪掀沙、沿岸流输沙作用的结果。
- d. 海滩沿岸输沙量计算结果表明,沿岸输沙主要来自 ESE、SE、SSE、S 等方向;研究区各岸段沿岸净输沙量平均值介于 $43.85\times10^3\sim172.77\times10^3\text{ m}^3/\text{a}$;沿岸输沙是造成海滩蚀淤动态变化、海岸线长期演变的重要因素。

参考文献:

[1] 宋丽佳,孙林云,张继生,等. 沙质海岸岸滩长期演变基本规律研究综述[J]. 中国港湾建设,2019,39(9):1-7. (SONG Lijia,SUN Linyun,ZHANG Jisheng,et al. Research review on basic law of long-term evolution of sandy beach[J]. China Harbour Engineering,2019,39(9):1-7. (in Chinese))

[2] 郭雅琼,马进荣,邹国良. 广西万尾岛金滩沿岸输沙计算与分析[J]. 海洋通报,2017,36(4):465-474. (GUO Yaqiong,MA Jinrong,ZOU Guoliang. Computation and analysis of alongshore sediment transport in Golden Beach of Guangxi[J]. Marine Science Bulletin,2017,36(4):465-474. (in Chinese))

[3] 童朝锋,王波,鲁盛,等. 海南岛西南岸沿岸输沙特性及防波堤影响[J]. 水利水运工程学报,2016(1):9-16. (TONG Chaofeng,WANG Bo,LU Sheng,et al. Characteristics of longshore sediment transport and effects of breakwaters in southwest coast of Hainan Island[J]. Hydro-Science and Engineering,2016(1):9-16. (in Chinese))

[4] 陈洪德,严钦尚,项立嵩. 舟山朱家尖岛现代海岸沉积[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),1982(2):80-94. (CHEN Hongde,YAN Qinshang,XIANG Lisong. Recent coastal sediments of Zhujiajian Island,Zhoushan Archipelago[J]. Journal of East China Normal University(Natural Science),1982(2):80-94. (in Chinese))

[5] 王爱军,高抒. 浙江朱家尖岛砾石海滩沉积物分布及形态特征[J]. 南京大学学报(自然科学版),2004,40(6):747-759. (WANG Aijun,GAO Shu. Sediment distribution and shape characteristics of gravel beaches,Zhujiajian Island,Zhejiang Province[J]. Journal of Nanjing University(Natural Science),2004,40(6):747-759. (in Chinese))

[6] 金永福,郑锡建,李金铨. 崎头洋海砂开采对朱家尖沿岸沙滩的影响[J]. 海洋环境科学,2006,35(3):46-49. (JIN Yongfu,ZHENG Xijian,LI Jinduo. Effect of exploiting sand in the Qitou Estuary on the Zhujiajian's barrier beach[J]. Marine Environmental Science,2006,35(3):46-49. (in Chinese))

[7] 张朝阳,杨世伦,罗向欣,等. 舟山群岛朱家尖岛以东近岸海域沉积物粒度特征[J]. 上海国土资源,2012,33(4):39-43. (ZHANG Zhaoyang,YANG Shilun,LUO Xiangxin,et al. Surficial sediment characteristics of the inshore area of East Zhujiajian Island,Zhoushan Archipelago[J]. Shanghai Land and Resources,2012,33(4):39-43. (in Chinese))

[8] 程林,时连强,夏小明,等. 浙江朱家尖东沙滩沉积与地貌动态变化[J]. 海洋地质与第四纪地质,2014,34(1):37-44. (CHENG Lin,SHI Lianqiang,XIA Xiaoming,et al. Sedimentation and recent morphological changes at Dongsha beach,Zhujiajian Island,Zhejiang Province[J]. Marine Geology and Quaternary Geology,2014,34(1):37-44. (in Chinese))

[9] FOLK P L,WARDW D. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters[J]. Journal of Sedimentary Petrology,1957,27:3-26.

[10] 王彦,邹志利. 沙坝海岸沿岸流速度剖面特征研究[J]. 海洋学报,2014,36(11):120-130. (WANG Yan,ZOU Zhili. Cross-shore distribution feature of longshore currents over barred beaches[J]. Acta Oceanologica Sinica,2014,36(11):120-130. (in Chinese))

[11] 季海嘉,任春平,蒋利君. 规则波致剪切波的时空变化[J]. 河海大学学报(自然科学版),2016,44(1):51-57. (JI Haijia,REN Chunping,JIANG Lijun. Temporal and spatial variations of shear waves under regular waves[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences),2016,44(1):51-57. (in Chinese))

[12] 汪鸿,李训强,朱首贤,等. 波生沿岸流的数值模拟研究[J]. 海洋科学进展,2016,34(4):507-515. (WANG Hong,LI

Xunqiang,ZHU Shouxian,et al. Numerical simulation of longshore currents induced by waves[J]. Advances in Marine Science, 2016,34(4):507-515. (in Chinese))

[13] LONGUET-HIGGINS M S. Recent progress in the study of longshore currents[C]// MEYER R E. Waves on beaches and resulting sediment transport . New York : Academics Press,1972: 203-248.

[14] 曹祖德,孔令双,焦桂英. 波、流共同作用下的泥沙起动[J]. 海洋学报,2003,25(3):113-119. (CAO Zude,KONG Lingshuang,JIAO Guiying. Initiation of sediment movement for a wave-current coexistent system[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003,25(3):113-119. (in Chinese))

[15] 白玉川,陈献. 莺歌咀附近岸段沿岸输沙率的计算与分析[J]. 泥沙研究,2014,39(5):25-31. (BAI Yuchuan,CHEN Xian. Calculation and analysis of longshore sediment transport rate of beach near Yingge Tsui[J]. Journal of Sediment Research,2014, 39(5):25-31. (in Chinese))

[16] 黄宝霞,龚文平,温晶. 海南岛万泉河口博鳌潮汐汉道演变及沿岸输沙率的计算[J]. 海洋学研究,2012,30(3):63-73. (HUANG Baoxia,GONG Wenping,WEN Jing. Evolution of the Boao tidal inlet,Hainan Province and calculation of the longshore sediment transport[J]. Jouranl of Marine Science,2012,30(3):63-73. (in Chinese))

[17] U. S. Army Coastal Engineering Research Center. Shore protection manual [G]. Washington, DC: U. S. Government Printing Office,1984.

[18] 中华人民共和国交通运输部. 港口与航道水文规范:JTS 145—2015[S]. 北京:人民交通出版社,2015.

(收稿日期:2019-07-05 编辑:高建群)

· 简讯 ·

河海大学 13 项成果在江苏省科学技术奖励大会上获得表彰

2020 年 6 月 10 日,江苏省召开全省科学技术奖励大会。省委书记娄勤俭、省长吴政隆、省政协主席黄莉新出席大会,省委副书记任振鹤主持大会,省领导为 2019 年度省科学技术奖获得者代表颁奖。河海大学张健教授作为获奖代表上台领奖。

本次江苏省科学技术奖共授予 273 个项目,其中一等奖 45 项,二等奖 81 项,三等奖 147 项。河海大学共获得一等奖 3 项,二等奖 2 项,三等奖 8 项。

河海大学为第一完成单位、徐辉教授主持完成的“抽水蓄能电站水力系统优化布置与过渡过程控制理论及技术”项目获得一等奖。项目组针对国家重大需求的抽水蓄能电站安全高效运行关键理论技术问题,历经 20 余年科研攻关,形成了抽水蓄能电站水力系统优化布置及过渡过程控制的理论与技术体系。成果全面应用于江苏省所有已建、在建的抽水蓄能电站建设与运行中,并推广于国内 2/3 以上抽水蓄能电站工程,产生了重大的经济、社会和环境效益。

河海大学为参与完成单位、叶保留教授主持完成的“面向云端融合的大规模分布式数据处理支撑平台及产业化应用”项目获得一等奖。项目组研制了“精、快、活、省”的基于数据高可靠与计算高性能技术的瑞腾支撑平台,推动了面向云端融合的分布式数据应用服务领域的科技进步与产业发展,成果在电力、水利、电信等行业实现产业化应用,取得显著的社会和经济效益。

河海大学参与完成的“大规模源网荷精准负荷控制关键技术及应用”项目也获得一等奖。

(本刊编辑部供稿)